

3 Lutte contre les maladies et ravageurs

Figures 3.1 à 3.39; 3T1 à 3T3

Lutte intégrée dans les cultures légumières commerciales

Dépistage

Pratiques culturales

Sauvegarde et prévention

Cultivars résistants

Résistance aux agents pathogènes

Résistance aux insectes et aux acariens

Prospective

Lutte biologique

Théorie et pratique

Plantes utiles (allélopathie)

Insectes, acariens et agents pathogènes utiles

Prédateurs

Parasites

Lutte chimique

Pesticides

Impact sur l'environnement

Lutte par exclusion et réglementation

Mesures législatives de lutte

Maladies et ravageurs étrangers

Gangrène

Virus de la pomme de terre

Nématode cécidogène du Columbia

(nématode à galles du Columbia)

Nématode de la pourriture des racines

Anthonome du poivron

Teigne des pommes de terre

Aleurode du coton

Mineuse de la tomate

Maladies et ravageurs introduits

Flétrissement bactérien

Galle verruqueuse

Filosité de la pomme de terre

Virus Y^N de la pomme de terre

Nématodes à kyste de la pomme de terre

Nématode doré ou nématode des racines de la
pomme de terre

Nématode à kyste blanc

Doryphore de la pomme de terre

Pyrale du maïs

Scarabée japonais

Escargot petit-gris

Lutte contre les nématodes ravageurs

Dépistage

Pratiques culturales

Cultivars résistants

Lutte biologique

Lutte chimique

Lutte contre les mauvaises herbes

Dépistage

Pratiques culturales

Lutte biologique

Lutte chimique

Dommages aux cultures causés par la dérive éolienne
des herbicides et les résidus dans les sols

Prospective en matière de lutte contre les mauvaises
herbes

Lutte contre les maladies et ravageurs des légumes de
potagers

Dépistage

Pratiques culturales

Cultivars résistants

Lutte biologique

Lutte chimique

► Lutte intégrée dans les cultures légumières commerciales

Pendant des années, les producteurs canadiens de légumes ont choisi en grand nombre de s'en remettre aux applications prophylactiques de pesticides pour diminuer l'impact des maladies et des ravageurs sur les cultures. Parfois, des quantités excessives de produits chimiques ont été appliquées, avec peu ou pas de soucis de leurs effets sur les organismes non ciblés ou de la contamination des plantes, du sol et de l'eau. À la fin des années cinquante cependant, des scientifiques, et particulièrement ceux qui étaient engagés dans la lutte contre les arthropodes nuisibles, commencèrent à développer des méthodes alternatives de production des cultures, faisant appel à des quantités minimales d'insecticides à large spectre en combinaison avec des produits chimiques et des agents biologiques sélectifs et en modifiant les pratiques culturales. Ceci donna lieu à une recrudescence de l'intérêt pour la régulation ou la répression des micro-organismes phytopathogènes par des agents biologiques. Par la suite, en sur-

veillant les densités des populations de ravageurs et agents pathogènes en fonction des dégâts sur les cultures, des seuils d'intervention furent mis au point comme guides d'action dans les programmes de protection des cultures. Ainsi est née l'approche holistique actuelle de lutte contre les maladies et les ravageurs, appelée lutte intégrée, qui se développe encore et est largement mise en pratique. Des programmes de simulation-prévision comme BOTCAST pour la brûlure de la feuille de l'oignon, TOM-CAST pour l'alternariose de la tomate et BLITECAST pour le mildiou de la pomme de terre permettent une approche plus précise de lutte contre les maladies et les ravageurs et vont dans le sens d'une agriculture durable. De la même façon, des seuils d'intervention pour l'application d'insecticides chimiques sur des cultures comme la carotte, le céleri, les crucifères, l'oignon, la pomme de terre, le maïs sucré et la tomate ont été mis au point ou sont en voie de l'être.

L'intégration efficace des pratiques culturales et d'autres méthodes de lutte contre la maladie est bien illustrée par le

système mis au point pour la lutte contre la nécrose des racines et du collet du pois. Ce système tient compte de quatre champignons microscopiques pathogènes, de leurs cycles d'infection, des méthodes de labour, du drainage, de la compaction des sols, de la vulnérabilité des cultivars, des cultures d'engrais vert et du conditionnement préalable du pois à ces agents pathogènes par les herbicides. Un système plus restreint de lutte contre le mildiou de la pomme de terre a été mis au point et un système intégré de lutte contre l'oïdium du concombre de serre a aussi été élaboré, ainsi qu'un certain nombre de procédures de manipulation des cultures de serre et de leur environnement pour garder les maladies hors de portée. Jusqu'à maintenant, aucun de ces systèmes n'envisage de lutter à la fois contre les insectes et les autres ravageurs, ce qui signifie que l'acception du terme «intégrée» ne se justifie que partiellement, mais il est encourageant de signaler que plusieurs producteurs de tomates de serre n'ont eu recours à aucun pesticide chimique depuis plusieurs années.

Ces programmes intégrés peuvent être améliorés par le développement et l'utilisation de substances sélectives afin de minimiser l'impact que les méthodes de protection des cultures ont sur l'environnement, et particulièrement les effets qu'elles ont sur les agents de lutte biologique indigènes ou introduits. Nul doute que les pesticides sélectifs développés jusqu'à présent qui ont eu le plus de succès sont les formulations de la bactérie *Bacillus thuringiensis* Berliner. L'utilisation de ces formulations permet de lutter contre la plupart des larves de lépidoptères qui se nourrissent de feuilles dont celles des crucifères, de la laitue et du céleri et contre certaines larves de coléoptères, notamment celles du doryphore de la pomme de terre sur la pomme de terre et la tomate. De tels produits n'ont pas d'effets directs sur les parasites ou les arthropodes prédateurs non visés et ne contribuent pas à la pollution du sol, de l'eau ou des cultures. De plus, les résidus laissés sur les cultures ne sont pas dangereux pour les humains et les autres animaux. Les virus, les protozoaires, les champignons et les nématodes prédateurs des insectes et des acariens offrent aussi une voie prometteuse. Les insectes parasites ou prédateurs et les acariens introduits sont particulièrement efficaces pour la lutte contre les ravageurs des légumes de serre. L'introduction d'insectes et d'acariens auxiliaires, combinée à des modifications de l'environnement et aux systèmes hydroponiques pour minimiser l'incidence des maladies, ont favorisé la production en serre de légumes exempts de pesticides, en particulier de tomate et de laitue. Malheureusement, l'introduction d'insectes et d'acariens utiles et l'utilisation de ceux qui sont indigènes ont été très peu exploitées dans la lutte contre les insectes ravageurs des légumes de grandes cultures. La lutte biologique contre les maladies des légumes est rare, même à l'échelle expérimentale, malgré le fait que les organismes pour la lutte contre la sclérotinose et l'oïdium chez le concombre de serre sont très prometteurs sur le plan commercial. Plusieurs fongicides biologiques sont en instance de brevet.

D'autres méthodes de lutte contre les insectes et les acariens, comme l'usage de produits pour les attirer ou les éloigner, l'application de régulateurs chimiques de croissance ou l'utilisation massive de phéromones pour interfé-

rer avec l'accouplement, ont fait l'objet d'expériences sur d'autres cultures, mais ne semblent pas prometteuses ou on n'a pas évalué leur efficacité comme moyen de lutte contre les ravageurs des cultures légumières. De même, l'utilisation de mâles stériles pour réduire les espèces ravageuses ne s'est pas avérée rentable dans la lutte contre les insectes des légumes.

Dans les serres, les mécanismes de contrôle de l'environnement dont disposent les producteurs sont tels qu'ils peuvent envisager la mise en place de systèmes de lutte pleinement intégrés qui se traduisent par une bonne productivité ainsi qu'une lutte efficace contre les insectes, les acariens et les maladies. La lutte biologique à l'aide de parasites et de prédateurs, indigènes et introduits, des agents pathogènes et des ravageurs, est devenue importante dans les serres, mais est difficile à appliquer aux cultures légumières de plein champ parce qu'on n'a pas de contrôle sur l'environnement.

La lutte contre les maladies virales se fait surtout par la répression des vecteurs, l'attention portée aux cultures, les cultivars résistants et la réglementation efficace en matière de quarantaine, d'inspection et de certification. On discute plus loin dans le présent chapitre de la stratégie de lutte contre les nématodes et les mauvaises herbes.

(Texte original de W.R. Jarvis et R.P. Jaques)

► Dépistage

Fig. 3T1 et 3T2

Le dépistage réfère aux moyens concrets utilisés pour détecter la présence d'une maladie ou d'un ravageur avant que des dommages d'ordre économique ne soient survenus et assez tôt pour prendre les mesures d'éradication ou de prévention requises. Au nombre de ces méthodes, on compte l'inspection visuelle et les pièges.

L'inspection visuelle est la méthode la plus simple. On y a recours pour détecter les insectes et acariens ravageurs et certaines maladies, surtout en combinaison avec les données météorologiques du moment et l'information épidémiologique sur la sporulation, la dispersion de spores, les périodes d'infection et les stades de croissance des plantes-hôtes. L'inspection visuelle doit se faire à intervalles réguliers à peu près à partir de l'ensemencement ou de la plantation et consiste entre autres à détecter des indices de nutrition et des anomalies de croissance des cultures.

L'usage de pièges est nécessaire pour détecter certains ravageurs. On peut les acheter, lorsqu'il s'agit de certains ravageurs, ou on peut les fabriquer à la maison. Le type de piège et son emplacement doivent convenir à l'espèce visée. Des bandes engluées ou des plaquettes de verre enduites de gelée de pétrole ou tout autre adhésif conviennent pour les spores, les pucerons et les thrips. Des récipients de certaines couleurs dont le fond est recouvert d'eau conviennent pour les pucerons. On vend sur le marché des bandes engluées colorées et des rubans spéciaux qui conviennent pour les aleurodes des serres. Il existe aussi une panoplie de dispositifs lumineux et de pièges lumineux pour les papillons de plusieurs espèces. Pour attraper les insectes comme la pyrale du maïs, on peut utiliser une phéromone imprégnée dans un dispensateur de caoutchouc. Il est important de déterminer la densité des populations de



3TI Dépistage; des pièges collants, tel que le piège jaune présenté ici dans un champ de carottes, sont utilisés pour le dépistage d'insectes tels que la mouche de la carotte, les pucerons, les cicadelles et les thrips. En serre, les thrips des petits fruits sont plus attirés par les pièges bleus que par les jaunes; les pièges bleus étant moins attractifs pour les insectes utiles, ils sont de ce fait moins dommageables.

nématodes dans un sol avant d'y établir certaines cultures. On a déterminé des seuils de densité de population des nématodes des lésions racinaires et cécidogènes pour un certain nombre de cultures légumières.

► Pratiques culturales

Sauvegarde et prévention La meilleure façon de lutter contre les maladies est de faire en sorte que les plantes y soient résistantes génétiquement, à défaut de quoi le meilleur moyen de lutte est ce qu'on pourrait appeler la sauvegarde et la prévention plutôt que le remède. Il s'agit ici de mesures visant à minimiser les facteurs qui prédisposent la culture à l'infection ou à l'infestation, tels que la sélection de semences saines à haut taux de germination chez un vendeur fiable; le traitement des semences pour enrayer les agents pathogènes; l'inspection des plants à la source; le choix de cultures de rotation appropriées; l'ensemencement et le repiquage seulement lorsque la température, l'humidité, l'approvisionnement en éléments nutritifs et le labour du sol sont adéquats; l'orientation dans le sens du vent et l'espacement adéquat des cultures pour une bonne ventilation; l'interdiction des arrosages par aspersion aux stades vulnérables, (*e.g.* à la floraison chez le haricot et le pois); le report des travaux de champ lorsque la rosée ou

la pluie ont mouillé le feuillage; l'élimination des plantes infectées dans les cultures de semences; la cueillette des légumes/fruits avant la maturation excessive; la réduction des blessures mécaniques et le refroidissement rapide au moment de la récolte; la répression des mauvaises herbes susceptibles d'abriter des agents pathogènes et des arthropodes et d'entretenir un microclimat dans la culture; et la lutte contre les insectes capables d'infliger des blessures infectieuses et de transmettre les maladies.

La propreté est un facteur important de sauvegarde des cultures, car c'est une bonne façon de se débarrasser de plusieurs sources d'infection. Les tas de déchets, les plateaux de semence contaminés, les pots et les tuteurs, et les mauvaises herbes infectées abritent souvent des champignons et des bactéries transportés par le vent et l'eau. La propreté personnelle et le nettoyage à fond de l'équipement sont aussi essentiels. Les bactéries et les virus se transmettent facilement par les mains, les vêtements, les outils et la machinerie. Ainsi, le virus de la mosaïque de la tomate peut persister plusieurs mois ou années sur les survêtements imbibés de sève si on les suspend secs dans une armoire close. Dans les champs de haricots, les maladies bactériennes profitent souvent des ouvriers pour se propager, lorsque le feuillage est mouillé.

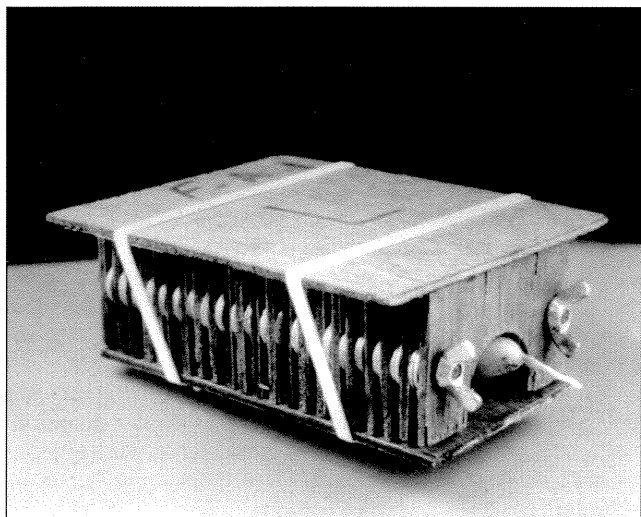
À l'extérieur, les populations d'insectes et d'acariens sont réprimées avant tout par des facteurs reliés au climat, mais aussi par l'action prédatrice et parasitaire d'autres arthropodes, par des animaux comme les oiseaux, par les maladies, par l'attrait des sources de nourriture, par compétition avec les autres ravageurs des plantes et par bien d'autres facteurs. Étant donné la forte mortalité infligée aux insectes et acariens par la prédation, le parasitisme et la maladie, le meilleur moyen de lutte contre plusieurs insectes et acariens est de ne rien faire qui puisse nuire à l'action de ces organismes bénéfiques naturels et de leurs semblables.

Les pratiques culturales agissent habituellement de façon indirecte sur les ravageurs. Le labour, la disponibilité des éléments nutritifs, les rotations, les dates de plantation et d'autres pratiques du même genre affectent la vigueur de la plante. Une plante vigoureuse résistera probablement mieux aux dommages causés par les insectes et acariens suceurs de sève. On peut parfois éviter l'attaque d'un ravageur ou réduire l'importance des dommages par les labours, les dates de plantation et l'attente de conditions propices dans le champ. Ainsi, lorsque l'on plante des crucifères dans des sols bien drainés, après avoir attendu que le sol se réchauffe et s'assèche, on réduit l'importance des dommages que pourraient causer les mouches des racines. L'enlèvement des déchets de culture et d'autres procédures sanitaires peuvent contribuer à réduire l'impact de certains ravageurs comme la pyrale du maïs sur la culture subséquente.

(Texte original de W.R. Jarvis et R.P. Jaques)

► Cultivars résistants

Résistance aux agents pathogènes La meilleure façon de lutter contre les maladies est de mettre au point des cultivars qui manifestent de la résistance génétique ou de la



3T2 Dépistage; on procède au dépistage des adultes du charançon de la carotte à l'aide de pièges faits de planches de bois espacées de 3 mm et appâtées avec une carotte à la base.

tolérance à l'infection, la tolérance étant l'aptitude de la plante à produire de façon efficace malgré l'infection. Il est entendu que tous les cultivars ne résistent pas à toutes les maladies, mais la prévalence d'une maladie dans une région détermine souvent le choix du cultivar. Même si le cultivar choisi est résistant, les producteurs doivent constamment surveiller la maladie. Certains micro-organismes dotés de variabilité génétique par reproduction sexuelle, comme un certain nombre de champignons, peuvent venir à bout de la résistance d'un cultivar en produisant une nouvelle forme ou race. Ainsi, il existe plusieurs races pathogènes du champignon *Bremia lactucae* Regel, responsable du mildiou de la laitue, ce qui signifie que les producteurs de laitue doivent connaître les races de leur région avant de choisir un cultivar. Dernièrement, une nouvelle race pathogène de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) W.C. Snyder & H.N. Hans., responsable de la fusariose vasculaire de la tomate, a fait son apparition en Floride et c'est probablement une question de temps avant qu'elle ne se manifeste au Canada. On la connaît sous le nom de race 3 et elle vient à bout de la résistance aux deux races préexistantes, les races 1 et 2. Les améliorateurs travaillent sans arrêt pour produire des cultivars résistants aux nouvelles races pathogènes.

Résistance aux insectes et acariens La mise au point et l'utilisation de cultivars résistants aux arthropodes ou capables de les tolérer a été moins fructueuse que ces mêmes efforts envers les maladies. Certains cultivars de cultures légumières sont moins attrayants pour les insectes et acariens ravageurs, et certains cultivars et hybrides résistent à quelques insectes et acariens grâce à des traits de nature chimique ou physique. On a par exemple noté une différence appréciable du nombre de galeries creusées par la pyrale du maïs dans les différents cultivars de maïs sucré. Par contre, on ne note pas de différence dans la manière de se nourrir de la piéride du chou en fonction des cultivars du chou.

Prospective L'effort de mise au point de cultivars résistants aux ravageurs devrait connaître un essor grâce aux techniques de manipulation génétique. La biotechnologie de pointe permet en effet d'ajouter ou d'enlever des facteurs ou des traits génétiques d'une plante, et ceci plus rapidement et de manière plus précise qu'en utilisant les techniques classiques d'amélioration.

Références bibliographiques

Helden, M. van, W.F. Tjallingii et F.L. Dieleman. 1993. The resistance of lettuce (*Lactuca sativa* L.) to *Nasonovia ribisnigri*: bionomics of *N. ribisnigri* on near isogenic lettuce lines. *Entomol. Exp. Appl.* 66:53-58.

(Texte original de W.R. Jarvis et R.P. Jaques)

► Lutte biologique

Théorie et pratique La lutte biologique contre les maladies des légumes est rarement efficace, même à l'échelle expérimentale. Contrairement aux insectes et acariens prédateurs et parasites, l'organisme de lutte est presque toujours un champignon ou une bactérie et doit être enregistré de la même manière que l'insecticide microbien *Bacillus thuringiensis* Berliner ou un pesticide chimique. Le protocole d'enregistrement nécessite que des tests soient menés pour garantir que le pesticide biologique est sans danger pour l'environnement, que les manutentionnaires et les producteurs peuvent le manipuler sans risques et qu'il n'y a aucun effet néfaste pour les humains et le bétail à le consommer dans les aliments. Ces tests, en plus de ceux qui sont requis pour démontrer que le pesticide biologique est au moins aussi efficace que ses meilleurs concurrents, est économiquement rentable et sans danger pour les plantes, doivent nécessairement s'étaler sur plusieurs années, ce qui en bout de ligne en font un produit qui a coûté cher à mettre au point.

Au moment présent, le Dygall (*Agrobacterium radiobacter* (Beij. & Van Delden) Conn) est le seul pesticide biologique offert dans le commerce au Canada pour la lutte contre une maladie bactérienne, en l'occurrence la tumeur du collet dans les pépinières. Cependant plusieurs agents de lutte contre la sclérotiniose du haricot et l'oïdium du concombre de serre semblent très prometteurs et plusieurs fongicides biologiques sont en instance de brevet. Un champignon de type levure pour la lutte contre l'oïdium du concombre de serre est présentement cultivé commercialement et les champignons des genres *Trichoderma* et *Gliocladium* semblent des candidats prometteurs de lutte contre les champignons microscopiques pathogènes des racines. Ces agents sont d'énergiques parasites du champignon pathogène et produisent des antibiotiques ou des enzymes qui dégradent la membrane cellulaire. Ainsi, le *Coniothyrium minitans* W.A. Campbell, qui est un parasite des agents pathogènes de la pourriture blanche ou sclérotiniose (*Sclerotinia* spp.) et de la pourriture ou moisissure grise (*Botrytis* spp.), et le *Sporidesmium sclerotivorum* Uecker *et al.*, qui parasite les scléroties du *Sclerotium cepivorum* Berk. (voir Oignon, pourriture blanche) et du *S. minor* (voir Laitue, sclérotiniose), en sont des exemples.

Une grande variété d'agents biologiques indigènes ou qui vivent dans le milieu en petits nombres agissent sur les populations d'insectes et d'acariens ravageurs, la plupart du temps en maintenant leur densité bien en deçà des seuils où

ils deviennent une menace économique. Au nombre de ces organismes indigènes utiles, on trouve des espèces d'invertébrés prédateurs et parasites, des arthropodes en particulier, dans le sol et sur les plantes, un certain nombre de petits animaux comme les oiseaux, les rongeurs et les crapauds, qui se nourrissent d'insectes et d'acariens, et des micro-organismes (champignons, bactéries, protozoaires et virus) qui infectent les ravageurs.

L'impact de ces organismes indigènes utiles est accentué par les procédures qui soutiennent ou favorisent leur activité. Il est évident que l'application aux cultures de produits chimiques toxiques à large spectre tuera non seulement les insectes ou acariens ciblés, mais les arthropodes utiles qui s'y trouvent. De plus, l'utilisation de produits chimiques peut éloigner les oiseaux, mais aussi causer des déplacements de leurs activités d'alimentation étant donné le nombre limité d'insectes survivants. L'objectif des systèmes de lutte contre les ravageurs est de pouvoir utiliser des pesticides efficaces contre les espèces ciblées tout en ayant un effet minimum sur les espèces non ciblées. De plus, l'activité bénéfique des organismes indigènes peut être encouragée par l'installation de haies, de plantes-abris, de cultures intercalaires et de bordures de végétaux qui peuvent servir d'habitat non seulement aux oiseaux, mais aussi aux insectes et acariens parasites et prédateurs.

On peut augmenter les populations d'arthropodes utiles que l'on trouve en petits nombres dans les champs par l'introduction massive de colonies artificielles. Les lâchers de coccinelles dans certaines grandes cultures ont permis de lutter efficacement contre les pucerons. Contre l'aleurode des serres sur le concombre et la tomate, la plupart des serres canadiens introduisent le parasite *Encarsia formosa* Gahan qui est multiplié commercialement à cette fin. L'utilisation d'arthropodes prédateurs et parasites exotiques offre des possibilités considérables de lutte contre les ravageurs, en particulier contre ceux qui ont été introduits et qui n'ont pas d'ennemis indigènes efficaces.

L'augmentation des populations locales de micro-organismes pathogènes pour les insectes ravageurs pourrait jouer un rôle important dans la lutte contre les ravageurs des cultures légumières. On peut penser aux applications de l'agent de lutte biologique indigène, la bactérie *Bacillus thuringiensis* Berliner qui est maintenant multipliée industriellement et distribuée à de nombreuses fins. Comme exemple, on utilise fréquemment des formulations du *B. thuringiensis* comme solution de remplacement des insecticides chimiques pour protéger les cultures de crucifères contre la fausse-arpenteuse du chou, la piéride du chou et la fausse-teigne des crucifères. Des formulations plus récentes de souches de la bactérie ont été mises au point pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre. Les applications du *B. thuringiensis* ont peu ou pas d'effet direct sur les arthropodes parasites et prédateurs et les autres animaux non ciblés dans la nature et on estime que cet organisme ne constitue pas un danger pour l'homme, les animaux domestiques ou les plantes cultivées.

Plusieurs espèces d'insectes ravageurs sont sensibles aux virus. Ces agents, qui sont habituellement spécifiques à une espèce d'insecte, se trouvent naturellement sur le terrain et causent des taux élevés de mortalité chez certains

ravageurs. Ainsi un virus de la granulose est un agent important de lutte biologique contre la piéride du chou et d'autres virus présents dans la nature sont des agents de forte mortalité de certaines populations de vers gris et de légionnaires. On a découvert que certains entomovirus étaient des bio-insecticides efficaces en application sur les cultures légumières. Les virus représentent une solution de rechange aux insecticides chimiques dans la lutte contre la fausse-arpenteuse du chou et la piéride du chou sur les crucifères. Ces virus spécifiques à l'insecte visé ont peu d'effet sur les espèces utiles et ne présentent vraisemblablement pas de danger pour les animaux supérieurs et pour l'homme.

Plusieurs espèces de champignons entomophages présents à l'état naturel infligent des taux élevés de mortalité à quelques espèces de ravageurs, mais les champignons introduits au champ pour accroître leurs populations ne semblent pas avoir entraîné la mortalité escomptée chez les ravageurs des légumes. Il y a une exception cependant : les résultats efficaces obtenus par l'application du *Verticillium lecanii* (A. Zimmerm.) Viégas et de l'*Aschersonia aleyrodis* Web. pour lutter contre l'aleurode des serres sur les tomates et les concombres de serre.

Références bibliographiques

- Adams, P.B. 1990. The potential of mycoparasites for biological control of plant diseases. *Annu. Rev. Phytopathol.* 28:59-72.
- Adams, P.B., et W.A. Ayers. 1983. Histological and physiological aspects of infection of sclerotia of *Sclerotinia* species by two mycoparasites. *Phytopathology* 73:1072-1076.
- Andersch, W. 1992. Production of fungi as crop protection agents. *Pflanzenschutz-Nachr.* 45:129-142.
- Ferro, D.N. 1993. Potential for resistance to *Bacillus thuringiensis*: Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) - a model system. *Am. Entomol.* 39:38-44.
- Mendgen, K., A. Schiewe et C. Falconi. 1992. Biological control of plant diseases. *Pflanzenschutz-Nachr.* 45:5-20.
- Poehling, H.M. 1992. Opportunities for biological control of animal pests. *Pflanzenschutz-Nachr.* 45:31-48.
- Ravensberg, W.J. 1992. The use of beneficial organisms for pest control under practical conditions. *Pflanzenschutz-Nachr.* 45:49-72.
- Schwarz, M.R. 1992. Biological and integrated pest and diseases management in the United States of America. *Pflanzenschutz-Nachr.* 45:73-86.
- Tu, J.C. 1991. Comparison of the effects of *Gliocladium virens* and *Bacillus subtilis* in the control of seed rots and root rots of navy bean. *Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent* 56:229-234.

(Texte original de W.R. Jarvis et R.P. Jaques)

► Plantes utiles (allélopathie)

Certaines plantes supérieures semblent capables de réactions ou de réflexes biologiques en présence d'autres plantes. Ce phénomène a pour nom l'allélopathie. Comme exemple, la tomate ne pousse pas sous les noyers ou sur un terrain qui en a été récemment débarrassé à cause de la présence de la juglone, une phytotoxine sécrétée par les racines du noyer. Certaines plantes supérieures exercent une influence comparable sur des micro-organismes pathogènes du sol. De plus, les résidus de plantes allélopathiques, à la manière de plusieurs engrais verts, favorisent le développement des micro-organismes du sol et rehaussent leur compétitivité et leur antagonisme contre les agents pathogènes. Il n'est pas nécessaire d'enregistrer les plantes allélopathiques utilisées dans la lutte contre les maladies. On trouve plusieurs exemples de ce type d'inter-

vention dans les cultures de laitues, de crucifères, de tagètes et d'oignons.

Laitue et autres composées — On peut lutter contre la fusariose des racines et du collet de la tomate (voir Tomate de serre) en cultivant la laitue après deux cultures successives de tomates de serre ou en plantant des pissenlits en bordure des tomates. Des phénols présents dans la laitue, les pissenlits et les plantes du même type comme l'endive et la chicorée retardent la croissance du champignon *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* dans le sol. Certains de ces composés, comme l'acide cichorique, forment des liens forts avec le fer, qui est essentiel au champignon.

Chou et autres plantes du genre Brassica — Les résidus du chou et des autres légumes du genre *Brassica* se décomposent dans le sol en libérant des produits volatiles contenant du soufre : des isothiocyanates et de l'ammoniac. Ces produits sont toxiques pour plusieurs agents pathogènes, y compris l'*Aphanomyces euteiches* Drechs., agent de la nécrose des racines et du collet du pois et du haricot; le *Rhizoctonia solani* Kühn, un agent pathogène très répandu; et le *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* (Wollenweb.) W.C. Snyder & H.N. Hans., l'agent pathogène de la fusariose vasculaire du chou. Lorsque ces métabolites sont retenus sous une couverture de plastique, comme en période de solarisation du sol, les effets toxiques sont augmentés.

Les isothiocyanates libérés par les *Brassica* sont reliés chimiquement à l'isothiocyanate de méthyle, l'ingrédient actif de certains fumigènes commerciaux pour le sol. Une étude récente a soutenu l'hypothèse que la libération d'isothiocyanates par des graines de colza broyées et incorporées dans un sol infesté de nématodes cécidogènes éliminait la population de nématodes. D'autres chercheurs n'ont pu confirmer ceci cependant et ont suggéré que les résultats pouvaient varier selon le cultivar, l'espèce de nématode, le lieu et le climat.

Tagètes — La rose d'Inde (*Tagetes erecta* L.) et l'oeillet d'Inde (*Tagetes patula* L.) inhibent l'activité des *Pratylenchus*, des *Tylenchorhynchus* et des *Rotylenchus*; et la culture de ces fleurs en compagnie de certaines cultures peut contribuer à réduire les lésions sur les racines et la transmission de virus. Les composés toxiques sécrétés par les tagètes sont des polythiényles contenant du soufre.

Oignon — Une des maladies de l'oignon contre laquelle il est le plus difficile de lutter est la pourriture blanche causée par le champignon *Sclerotium cepivorum*. Ses sclérotés peuvent vivre très longtemps dans le sol et ne germent qu'en présence d'un hôte, lorsqu'ils sont stimulés par différentes huiles (bisulfates et polysulfures) sécrétées par l'oignon. On a trouvé que certaines huiles d'oignon synthétiques pouvaient provoquer la germination des sclérotés du *S. cepivorum* en l'absence d'hôte. Le mycélium qui en résulte est très sensible à un certain nombre de moyens de lutte propres aux organismes dans les sols et, par conséquent, la population de *S. cepivorum* est substantiellement réduite. Malheureusement, les huiles d'oignon synthétiques sont trop coûteuses pour être appliquées sur de grandes cultures.

Références bibliographiques

Coley-Smith, J.R., et J.E. King. 1969. The production by species of *Allium* of alkyl sulphides and their effect on germination of sclerotia of *Sclerotium cepivorum*. *Ann. Appl. Biol.* 64:289-301.

- Gamliel, A. et J.J. Stapleton. 1993. Characterisation of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. *Phytopathology* 83:899-905.
- Holden, C., ed. 1993. Veggie cure for plant fungus. *Science* 262:337.
- Jarvis, W.R. 1977. Biological control of *Fusarium*. *Can. Agric.* 22:28-30.
- Jarvis, W.R. 1989. Allelopathic control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Pages 479-486 dans C.H. Beckman et E.C. Tjamos, eds., *Vascular Wilt Diseases in Plants*. NATO ASI, Springer-Verlag, Heidelberg, 590 pp.
- Jarvis, W.R., et H.J. Thorpe. 1980. Control of fusarium foot and root rot by soil amendment with lettuce residues. *Can. J. Plant Pathol.* 3:159-162.
- Johnson, A.W., A.M. Golden, D.L. Auld et D.R. Sumner. 1992. Effects of rapeseed and vetch as green manure crops and fallow on nematodes and soil-borne pathogens. *J. Nematol.* 24:117-126.
- Kasenberg, T.R., et J.A. Traquair. 1987. Allelopathic biocontrol of fusarium crown and root rot in greenhouse tomatoes. *Can. J. Plant Pathol.* 9:280. (Résumé)
- Kasenberg, T.R., et J.A. Traquair. 1989. Lettuce siderophores and biocontrol of fusarium rot in greenhouse tomatoes. *Can. J. Plant Pathol.* 11:192. (Résumé)
- Majtahedi, H., G.S. Santo, A.N. Hang et J.H. Wilson. 1991. Suppression of root-knot nematode populations with selected rapeseed cultivars as green manure. *J. Nematol.* 23:170-174.
- Merriman, P.R., S. Isaacs, R.R. MacGregor et B. Towers. 1980. Control of white rot in dry bulb onions with artificial onion oil. *Ann. Appl. Biol.* 96:163-168.
- Oostenbrink, M., K. Kniper et J.J. S'Jacob. 1957. *Tagetes* als Fiendpflanzen von *Pratylenchus*-Arten. *Nematologica* 2 (Suppl.):4245-4335.
- Patrick, Z.A. 1986. Allelopathic mechanisms and their exploitation for biological control. *Can. J. Plant Pathol.* 8:225-228.
- Putman, A.R., et W.B. Duke. 1978. Allelopathy in Agroecosystems. *Annu. Rev. Phytopathol.* 16:431-451.
- Ramirez-Villapudua, J., et D.E. Munnecke. 1987. Control of cabbage yellows (*Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*) by solar heating of field soils amended with dry cabbage residues. *Plant Dis.* 71:217-221.

(Texte original de W.R. Jarvis et J.W. Potter)

► Insectes, acariens et agents pathogènes utiles

Fig. 3.1 à 3.24

À part les plantes allélopathiques, on compte parmi les organismes utiles des insectes parasitaires et prédateurs, des acariens, des araignées, le faucheur, des centipèdes, des nématodes, des protozoaires, des bactéries, des virus et des champignons. On estime que les populations indigènes de ces organismes ont une activité de répression naturelle importante sur plusieurs espèces de ravageurs parmi les insectes, les acariens, les limaces et les escargots, certains nématodes et des mauvaises herbes. Malheureusement, leur potentiel de lutte naturelle contre les ravageurs des productions commerciales de légumes n'a pas été évalué ou exploité de façon significative et on fait peu de cas de l'impact des mesures de lutte chimique et d'autres mesures similaires sur leur efficacité dans les systèmes de lutte existants. Bien que beaucoup de recherches aient été menées sur l'impact de l'introduction d'organismes utiles dans la lutte contre les insectes sur les légumes, leur utilisation dans les productions commerciales s'est limitée à la lutte contre les insectes et les acariens dans les serres et à l'application de formulations de la bactérie *Bacillus thuringiensis* Berliner pour la lutte contre les insectes de certaines grandes cultures. Quelques espèces indigènes ou introduites jouent aussi un rôle bénéfique comme pollinisateurs (voir chapitre 1).

On discute ci-après d'abord des principaux groupes d'insectes et d'acariens prédateurs, et par la suite des parasitoïdes des insectes ravageurs.

Prédateurs Coléoptères (Coleoptera; plusieurs familles)

— Les adultes et les larves de plusieurs coléoptères sont prédateurs. Comme exemple, les carabes (Carabidae) (3.1) se trouvent dans le sol ou à sa surface, sur des plantes basses et sous les roches. Les larves de certains carabes sont utiles, mais les adultes peuvent causer des dommages lorsqu'ils se nourrissent de petits fruits. Les staphylins (Staphylinidae) s'attaquent à tous les types d'insectes et certains ont une action prédatrice sur les limaces et les escargots. Leurs larves vivent dans le sol ou dans des endroits humides.

Coccinelles (Coccinellidae) — La coccinelle védalina, qui fut introduite d'Australie en Californie à la fin du 19^e siècle pour lutter contre une cochenille introduite sur les agrumes, constitue un excellent exemple de lutte contre les ravageurs par introduction d'un agent de lutte biologique. En moins de deux ans, la cochenille était contrée. La plupart des coccinelles (3.2 et 3.3) sont utiles parce que les adultes et les larves sont des prédateurs. Les coccinelles à deux points, à sept points et convergente sont communes au Canada. Les pucerons constituent leur principale source de nourriture, mais elles mangent aussi les oeufs et les larves d'autres insectes. Les coccinelles passent l'hiver au stade adulte dans tout endroit protégé et redeviennent actives au printemps. Les femelles déposent de petits groupes d'oeufs jaunes en forme de cigare au sein de colonies de pucerons. Les larves de coccinelles s'attaquent aux pucerons dès leur éclosion. Habituellement une génération et parfois une seconde génération partielle sont produites chaque année. Au cours de l'été, tous les stades, de l'oeuf à l'adulte, peuvent être présents en même temps. Les coccinelles importées semblent prometteuses comme agent de lutte dans les serres et sont parfois vendues dans le commerce. Cependant, lorsqu'on les libère à l'extérieur, elles ont tendance à se disperser au-delà de la culture cible et deviennent inefficaces.

Planipennes (Névroptères; plusieurs familles) — Les planipennes sont des insectes d'allure fragile qui ont quatre ailes dentelées et un corps vert ou brun. Les adultes et les larves de plusieurs de ces espèces se nourrissent surtout de pucerons, mais elles se nourrissent aussi d'autres insectes et acariens. Les oeufs sont déposés individuellement ou en groupes de trois ou quatre sur des feuilles ou des tiges, souvent près d'une colonie de pucerons. Les chrysopes (Chrysopidae) (3.4 et 3.5) suspendent parfois leurs oeufs en longs bâtonnets filiformes. Les larves de planipennes sont énergiques et voraces. Leurs mâchoires sont conçues pour fouiller les crevasses, percer leurs proies et sucer les fluides du corps. Quelques planipennes hivernent à l'état adulte. D'autres passent l'hiver au stade de larves matures dans de petits cocons de soie blanche compacte. Les planipennes ont tendance à préférer des habitats spécifiques et certaines espèces se trouvent en plus grands nombres que d'autres dans les cultures horticoles.

Syrphes (Syrphidae) — Les syrphes, qu'on appelle parfois mouches des fleurs ou syrphides (3.6), ont comme particularité de faire du surplace en volant. Les oeufs sont jaune pâle et cylindriques et montrent de petites saillies en forme d'épines. Ils sont déposés sur les feuilles et les pousses où il y a des colonies de pucerons. L'asticot

ressemble à une limace (3.7 et 3.8), est vert pâle ou rouge et vert et rampe sur la plante. Les pucerons sont leur nourriture principale. Les syrphes passent l'hiver dans les feuilles mortes sous forme d'asticots ou de pupes. Ils sont très abondants durant certaines saisons.

Autres mouches prédatrices — Le moucheron *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Cecidomyiidae) (3.9 et 24.14) semble prometteur comme agent de lutte contre le puceron du melon de serre (voir Concombre de serre).

Punaises (Heteroptera; plusieurs familles) — Plusieurs punaises sont des prédateurs (3.11 et 3.12) bien que certaines, comme la punaise terne (voir Céleri, punaise terne), soient des ravageurs. Les larves et adultes des punaises sont très énergiques et ont une diète variée. Les stades adultes et immatures cohabitent durant toute la saison. Quelques espèces hivernent au stade adulte sous des morceaux d'écorce détachés, dans les feuilles mortes et dans d'autres endroits protégés et redeviennent actives au printemps. Les punaises prédatrices se nourrissent de chenilles, de pucerons et de tétranyques. La punaise des fleurs *Orius tricolor* (White) (22.75) est un exemple de punaise prédatrice (Anthocoridae) qui offre un potentiel de lutte contre le thrips des petits fruits dans les serres (voir Concombre de serre).

Mantes (Dictyoptera) - La mante religieuse *Mantis religiosa* L. (3.10), d'origine européenne, est un prédateur polyphage que l'on trouve maintenant dans certaines régions de l'est du Canada et au centre-sud de la Colombie-Britannique, surtout près des jardins potagers où ses masses d'oeufs sont à l'abri.

Fourmis (Formicidae) et guêpes sociales (Sphecidae et Vespidae) — La plupart des fourmis sont des prédateurs opportunistes et des charognards d'autres arthropodes. Les fourmis et les guêpes sociales réduisent parfois substantiellement les populations de chenilles et d'autres insectes et on les trouve presque partout. Les guêpes fouisseuses comptent aussi des espèces solitaires et d'autres qui se développent en groupes dans des nids. Les adultes de la guêpe fouisseuse se nourrissent du nectar des plantes et des fluides de leurs proies et utilisent les carcasses comme source d'alimentation pour le nid de leurs larves. Quant aux frelons et aux guêpes (Vespidae) (3.13), tous nourrissent leurs larves de morceaux de proies broyées, en l'occurrence des morceaux d'insectes et d'autres animaux.

Acariens prédateurs — Les acariens prédateurs vivent à l'état naturel, parfois en grands nombres, et quelques espèces sont vendues sur le marché pour la lutte biologique contre les petits insectes et les acariens phytophages des serres. Un de ces acariens, le *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Phytoseiidae) (22.86), s'est avéré efficace en serre dans la lutte contre le tétranyque à deux points (voir Concombre de serre). D'autres acariens prédateurs dont il est question dans ce volume sont : l'*Amblyseius* (syn. *Neoseiulus*) *cucumeris* Oudemans (22.74), l'*Amblyseius* (syn. *Neoseiulus*) *barkeri* Schuster & Pritchard et le *Metaseiulus* (syn. *Typhlodromus*) *occidentalis* (Nesbitt). Ces acariens prédateurs, qui vivent sur le feuillage, sont utilisés dans la lutte contre les thrips de serre (voir Concombre de serre, le thrips des petits fruits). Un acarien qui vit dans le sol, le *Hypoaspis* (syn. *Geolaelaps*)

sp. (22.60), est aussi utilisé en serre (voir Concombre de serre, sciarides).

Parasites Guêpes parasites (Hyménoptères; plusieurs familles) — Plus des trois-quarts de tous les hyménoptères sont parasitoïdes. Ils jouent un rôle important dans la lutte biologique contre plusieurs populations d'insectes et un certain nombre d'espèces de plusieurs familles de guêpes ont été introduites au Canada pour lutter contre les ravageurs des cultures. On trouve les principaux agents indigènes de lutte biologique parmi les ichneumonides, les braconides, les chalcidoïdes (3.16) (ou chalcidiens) (3.17), les eulophides, les pteromalides et les scélions. Leurs corps sont longs et minces et ceux des femelles se terminent souvent par un ovipositeur. Les guêpes parasitoïdes attaquent les stades immatures d'autres insectes. Certaines n'ont qu'un hôte spécifique alors que d'autres attaquent une grande diversité d'insectes. La femelle pond un œuf dans le corps de l'hôte, ou près de celui-ci, et la larve parasite se nourrit des fluides du corps de l'hôte et le tue lentement. Chez les Ichneumonidae, une seule larve parasite est pondue sur l'hôte alors que les braconides peuvent déposer plusieurs œufs sur chaque hôte (3.19). Les guêpes parasites que l'on peut se procurer sur le marché pour la lutte en serre sont l'*Encarsia formosa* Gahan (3.15), contre l'aleurode des serres (voir Concombre de serre et Tomate de serre), et l'*Aphidius matricariae* Haliday (3.17 et 3.18), contre les pucerons (voir Poivron de serre).

Mouches parasitoïdes (particulièrement les tachinaires) — Les mouches tachinaires ou tachinides sont des parasitoïdes des papillons diurnes et nocturnes, des tenthrèdes, des chrysomèles et quelques limaces et escargots terrestres. On compte parmi leurs hôtes plusieurs ravageurs de cultures légumières. La larve des tachinaires vit, la plupart du temps, aux dépens d'autres insectes (3.20). Certaines femelles de tachinaires pondent leurs œufs sur leurs hôtes, mais la majorité les retiennent et les déposent à maturation lorsque l'asticot est actif et prêt à éclore. Les femelles de certains tachinaires percent leur hôte et y injectent leurs œufs. D'autres disséminent leurs œufs ou les déposent séparément sur une plante pour que l'hôte les avale. Le stade larvaire est ainsi transmis à un seul hôte qui finit par en mourir. À maturité, la larve abandonne habituellement la carcasse de son hôte et passe l'hiver au stade de pupa dans le sol. Les adultes des tachinaires sont des insectes énergiques qui volent rapidement en se nourrissant de nectar et de miellat et en cherchant de façon plutôt erratique des hôtes qui leur conviennent. Les tachinaires ont une place importante dans la liste des insectes importés et relâchés pour la lutte biologique au Canada.

Organismes pathogènes et autres parasites d'insectes — Les agents pathogènes présents dans la nature comme les bactéries, les virus, les champignons microscopiques, les protozoaires et les nématodes contribuent de façon substantielle à la lutte contre les insectes sur les légumes. Il y a, par exemple, plusieurs espèces de bactéries dans la nature qui détruisent les insectes ravageurs des cultures légumières. Cependant, on ne comprend pas bien les facteurs qui en font des agents pathogènes ni la façon d'accroître leur aptitude à réprimer les populations d'insectes ravageurs. La bactérie *Bacillus thuringiensis*

Berlinger est le seul agent pathogène commercial utilisé au Canada dans la lutte contre les insectes ravageurs des cultures légumières. Les cristaux qui se forment dans le sporange des bactéries contiennent une endotoxine qui, une fois ingérée par un insecte sensible, provoque la paralysie et la mort. Des souches du *B. thuringiensis* sont utilisées à grande échelle pour lutter contre les larves de plusieurs papillons diurnes et nocturnes ravageurs du feuillage des légumes, particulièrement dans les cultures de crucifères (3.23 à 3.24), et dernièrement pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre sur la pomme de terre et la tomate.

Les insectes ravageurs des légumes sont détruits par plusieurs espèces de champignons, notamment les *Beauveria*, les *Entomophthora* et les *Metarhizium*. Lorsque les circonstances leur sont favorables, ces champignons et d'autres peuvent décimer les populations d'insectes. Le *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., par exemple, peut détruire d'énormes quantités de doryphores de la pomme de terre adultes certaines années et les espèces d'*Entomophthora* détruisent plusieurs espèces de punaises et de mouches, comme les formes adultes des mouches des racines (voir Oignon, mouche de l'oignon). La muscardine verte, le *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, montre un certain potentiel de lutte contre les vers blancs dans le sol. Parmi les autres champignons entomopathogènes, on compte l'*Aschersonia alevrodii* Web. (3.21) et le *Verticillium lecanii* (A. Zimmerm.) Viégas; les deux infectent les pupes de l'aleurode des serres.

Les virus détruisent plusieurs espèces d'insectes dans les cultures légumières et sont parfois responsables de taux de mortalité très élevés. Les Baculovirus sont les plus communs, c'est-à-dire les virus de la polyhédrose et de la granulose qui détruisent les larves de plusieurs espèces de papillons diurnes et nocturnes (lépidoptères). Ainsi, on estime qu'un virus de la granulose présent dans la nature joue un rôle fondamental dans la lutte contre la piéride du chou et les virus de la polyhédrose contribuent substantiellement à l'élimination de la fausse-arpenteuse du chou et aux fluctuations de population de la légionnaire d'automne. L'application de ces virus sur les cultures de crucifères est un moyen très efficace de lutte contre la fausse-arpenteuse du chou et la piéride du chou (3.22). Malheureusement, ces virus ne sont pas enregistrés et on ne peut les utiliser actuellement.

Plusieurs espèces de protozoaires (ordre des Microsporidia) sont parasites d'insectes ravageurs des légumes, des lépidoptères surtout. L'action parasitaire des microsporidies semble se traduire par une réduction de la vigueur et de la fécondité des insectes hôtes, mais sans que ces derniers ne soient détruits. Un certain nombre d'espèces semblent des candidats intéressants pour la lutte contre les ravageurs. Le *Nosema locustae* Canning, un parasite des sauterelles, intéresse au plus haut point les chercheurs canadiens.

Beaucoup d'espèces d'insectes ravageurs sont sensibles à l'action parasitaire des nématodes entomophages, en particulier des Steinernematidae et des Heterorhabditidae. On s'intéresse à ces nématodes parasites d'insectes surtout pour la lutte contre les insectes ravageurs qui vivent dans le sol. Il y a peut-être un désavantage à utiliser ces nématodes

en ce sens que la sécheresse les tue rapidement, ce qui compromet l'importance de leur intervention.

Références bibliographiques

- Borror, D.J., et R.E. White. 1991. Les insectes de l'Amérique du Nord (au nord du Mexique). Éditions Broquet Inc., Laprairie. 408 pp.
- DeBach, P., et D. Rosen. 1991. *Biological Control by Natural Enemies*. 2^e éd. Cambridge University Press, New York. 440 pp.
- Ferro, D.N. 1993. Potential for resistance to *Bacillus thuringiensis*: Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) - a model system. *Am. Entomol.* 39:38-44.
- Fry, J.M. 1989. *Natural Enemy Databank, 1987*. CAB International, Wallingford, UK. 185 pp.
- Gerson, U., et R.L. Smiley. 1990. *Acarine Biocontrol Agents*. Chapman and Hall, New York. 174 pp.
- Gordon, R.D., et N. Vandenbergh. 1991. Field guide to recently introduced species of Coccinellidae (Coleoptera) in North America, with a revised key to North American genera of Coccinellini. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 93:845-864.
- Jaques, R.P. 1977. Field efficacy of viruses infectious to the cabbage looper and imported cabbageworm on cabbage. *J. Econ. Entomol.* 70:111-118.
- Jaques, R.P. 1983. The potential of pathogens for pest control. *Agric. Ecosys. Environ.* 10:101-123.
- Jaques, R.P. 1988. Field tests on control of the imported cabbageworm (Lepidoptera: Pieridae) and the cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae) by mixtures of microbial and chemical insecticides. *Can. Entomol.* 120:575-580.
- Jaques, R.P., et D.R. Laing. 1989. Effectiveness of microbial and chemical insecticides in control of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on potatoes and tomatoes. *Can. Entomol.* 121:1123-1131.
- Malais, M., et W.J. Ravensberg. 1992. *Knowing and Recognizing: The Biology of Glasshouse Pests and Their Natural Enemies*. Koppert B.V., Berkel en Rodenrijs, Pays-Bas. 109 pp.
- Morris, O.N., J.C. Cunningham, J.R. Finney-Crawley, R.P. Jaques et G. Kinoshita. 1986. *Microbial Insecticides in Canada: Their Registration and Use in Agriculture, Forestry and Public and Animal Health*. Rep. Sci. Policy Comm., Entomol. Soc. Canada, Ottawa. 43 pp.
- Poehling, H.M. 1992. Opportunities for biological control of animal pests. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 45:31-48.
- Starnes, R.L., C.L. Liu et P.G. Marrone. 1993. History, use, and future of microbial insecticides. *Am. Entomol.* 39:83-91.
- Zimmermann, G. 1992. *Metarhizium anisopliae* - an entomopathogenic fungus. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 45:113-128.

(Texte original de R.P. Jaques et J.A. Garland)

► Lutte chimique

Pesticides Plusieurs considèrent que les pesticides sont des moyens de dernier recours, car ils grèvent considérablement les coûts de production et que l'usage abusif peut créer des problèmes environnementaux à rebondissements. Cependant, les pesticides utilisés judicieusement ont leur place dans les programmes de lutte intégrée. Un des gros handicaps de plusieurs pesticides est l'aptitude de certains insectes et acariens à créer des races résistantes à ces pesticides. Lorsque ceci survient, il devient inutile de continuer à les utiliser. Non seulement leur efficacité devient-elle faible ou nulle, mais leur utilisation peut aggraver le problème, car ils peuvent détruire d'autres organismes qui interviennent dans la lutte biologique naturelle contre les agents pathogènes et les autres ravageurs. L'usage global tous azimuts de pesticides pour prévenir les épidémies de ravageurs sur des périodes de plusieurs mois est rarement justifié si d'autres mesures ont été prises.

L'application de produits chimiques sur les cultures ou au sol pour protéger les légumes est une méthode répandue

de lutte contre les maladies, les insectes, les mauvaises herbes et bien d'autres ravageurs. Étant donné leur impact sur l'environnement et leur effet toxique sur les humains, la mise au point et l'adoption de protocoles d'application limitant l'usage des pesticides chimiques et minimisant leurs effets sur les espèces non ciblées sont à l'ordre du jour. En ce sens, on devrait limiter l'application de pesticides chimiques particulièrement efficaces aux cas où les indices révèlent de façon péremptoire qu'il y a ou qu'il y aura accroissement de certaines populations de ravageurs à des densités qui affecteront les revenus. Le seuil d'intervention dépend du type de dommages infligés à la culture et particulièrement à sa portion commercialisée. Les populations de ravageurs sur les cultures sont surveillées pour déterminer le moment et l'importance de l'intervention. Cette manière de fonctionner réduit au minimum les quantités de produits chimiques appliqués au cours d'une saison. Malheureusement, plusieurs producteurs pensent encore qu'il est mieux d'appliquer des pesticides sans égard aux cultures selon un programme prédéterminé qui ne cherche qu'à s'assurer que les ravageurs seront bel et bien éliminés. Cette manière de voir ne fait qu'accroître l'impact négatif sur l'environnement de l'addition de produits chimiques au biotope et augmenter les coûts de production. De plus, l'application de produits chimiques cause un stress aux cultures et peut les rendre plus vulnérables à la maladie et aux ravageurs. Par contre, il peut s'avérer nécessaire d'effectuer des applications programmées de pesticides pour prévenir l'apparition de populations de ravageurs à incidence potentielle sur les revenus. Ce sont par exemple les mouches des racines et d'autres ravageurs des tiges et des racines qui ne sont pas nécessairement détruits lorsque le dommage à la culture a été fait ou dont les densités de populations ne peuvent être pronostiquées avec assez de précision.

Impact sur l'environnement L'usage intempestif des pesticides est à proscrire à cause de leurs effets directs et indirects sur le biotope de la culture et sur l'environnement, sur le producteur et le consommateur, et sur les coûts et la qualité des productions. La plupart des insecticides et acaricides chimiques détruisent ou réduisent plusieurs espèces d'arthropodes non ciblés, y compris des espèces parasitaires et prédatrices qui contribuent à la lutte contre les principaux ravageurs et contre les ravageurs potentiels. On peut citer des cas où il a fallu des applications additionnelles de pesticides pour lutter contre des populations de ravageurs qui s'étaient accrues de façon disproportionnée à la suite de l'application d'un pesticide visant à lutter contre une espèce différente. Les applications de produits chimiques peuvent affecter les populations d'oiseaux et d'autres animaux qui se nourrissent de ravageurs et les résidus de certains de ces produits dans le sol ou sur des débris végétaux peuvent déséquilibrer l'activité microbienne du sol et affecter la disponibilité des éléments nutritifs nécessaires aux plantes. On se pose aussi des questions sur l'effet que peuvent avoir les traces de produits chimiques dans les aliments et l'exposition excessive des producteurs à ces composés. Plus encore, l'usage répétitif des produits chimiques semble accentuer la tendance chez les ravageurs à y devenir tolérants ou résistants, ce qui nécessite qu'on augmente les concentrations ou qu'on utilise

d'autres produits chimiques, si bien que le résultat final se traduit souvent par une accentuation des pertes et par l'augmentation des coûts de production.

(Texte original de W.R. Jarvis et R.P. Jaques)

► Lutte par exclusion et réglementation

Mesures législatives de lutte Au Canada, le mécanisme de gestion des maladies et ravageurs des cultures légumières est confié à Agriculture et Agroalimentaire Canada par le truchement de lois de l'organisme fédéral qui se complètent par d'autres lois provinciales plus spécifiques. Cette réglementation vise à prévenir l'introduction de nouvelles maladies et de nouveaux ravageurs au pays ainsi que leur propagation naturelle ou assistée par l'homme. La Loi sur les Semences et la Loi sur la Protection des plantes prévoient des inspections au champ, l'examen des produits, des lieux, des moyens de transport et de l'emballage, le traitement, la restriction des déplacements et toute autre protection spécifiée dans la réglementation accompagnant ces Lois. Le traitement des produits et lieux infectés, lorsqu'il ne s'agit pas de la destruction pure et simple, consiste en la fumigation, le nettoyage selon les instructions d'un inspecteur ou l'acheminement vers une industrie de transformation reconnue.

On a toutes les raisons de s'inquiéter des ravageurs susceptibles de se trouver sur les légumes au moment de la récolte. Ainsi, certains ravageurs peuvent être disséminés dans d'autres régions de production du pays, un risque qui est fortement aggravé par les moyens de transport rapides dont on dispose aujourd'hui. Les ravageurs ont aussi des périodes de dormance qui leur permettent de survivre aux opérations de nettoyage et d'emballage ainsi qu'à l'entreposage. Les légumes récoltés non transformés peuvent aussi servir à disséminer les ravageurs. À part l'entreposage à froid qui peut compromettre la survie de certains ravageurs, le Canada ne dispose pas à ce jour des installations requises pour le traitement et la désinfection de masse des grandes cultures légumières. La recherche de technologies à ces fins ne fait que commencer.

On peut obtenir des renseignements supplémentaires sur les ravageurs qui font présentement l'objet de législation fédérale en s'adressant à Agriculture et Agroalimentaire Canada.

(Texte original de W.P. Campbell, P.M.D. Martin et J.A. Garland)

► Maladies et ravageurs étrangers

L'exclusion du Canada des maladies et ravageurs qui suivent revêt une importance capitale pour les cultures légumières.

Gangrène

Phoma exigua var. *foveata* (Foister) Boerema

La gangrène est causée par un champignon tellurique qui se propage aussi par les tubercules. On ne le trouve pas en Amérique du Nord. La gangrène se manifeste sur la surface des tubercules par des lésions ocellées, bien délimitées, brun foncé ou pourpres et, sous les lésions, par des zones de pourriture durcies et des cavités de formes variées.

Virus de la pomme de terre

Virus andain latent de la pomme de terre
Virus andain de la marbrure de la pomme de terre
Virus B de l'Arracacia
Virus de la nécrose annulaire du tabac, souche calicot de la pomme de terre
Virus de la mosaïque déformante de la pomme de terre
Virus du sommet touffu de la pomme de terre
Virus T de la pomme de terre
Virus V de la pomme de terre
Virus X de la pomme de terre, souche brisant la résistance

Ces virus et d'autres virus étrangers intéressent particulièrement les autorités canadiennes à cause de l'impact qu'ils pourraient avoir sur les rendements et sur le commerce. Leur importation au Canada poserait une menace pour l'industrie canadienne de la pomme de terre et c'est pourquoi on veut les interdire par législation. Afin de protéger les producteurs canadiens contre tout virus potentiellement nuisible, il est interdit d'importer des pommes de terre au Canada de tout pays sauf les États-Unis. Cependant on peut importer les germoplasmes pour la recherche ou l'évaluation commerciale en autant que ceci est fait en conformité avec le programme de quarantaine postentrée d'Agriculture et Agroalimentaire Canada.

(Texte original de I.A. MacLachy et J.G. McDonald)

Nématode cécidogène du Columbia *Fig. 3.25 et 3.26* (nématode à galles du Columbia)

Meloidogyne chitwoodi Golden et al.

Le nématode cécidogène du Columbia n'a pas été signalé au Canada, mais il est très répandu dans l'ouest des États-Unis. On a conclu que c'était une espèce distincte en 1980 après que ce dernier et le nématode cécidogène du nord aient été confondus pendant de nombreuses années; ce dernier est très répandu au Canada (voir Carotte).

Le nématode cécidogène du Columbia est un ravageur du haricot, de la carotte, du maïs, du pois et de la pomme de terre. Il attaque aussi le canola, la betterave sucrière et certaines céréales, comme le blé, l'orge et l'avoine. Il provoque l'apparition de galles sur les pommes de terre (3.25), ce qui réduit leur valeur marchande. Lorsque l'on coupe les tubercules, le corps de la femelle est perçu comme un point minuscule saturé d'eau et les masses d'oeufs comme des taches brunes (3.26).

(Texte original de I.R. Evans et T.C. Vrain)

Nématode de la pourriture des racines

Fig. 16.86

Ditylenchus destructor Thorne

Le nématode de la pourriture des racines est commun et représente une menace importante pour la pomme de terre en Europe; on le trouve aussi dans de nombreux pays asiatiques et on l'a signalé en Nouvelle-Zélande et au Pérou. En Afrique du Sud, c'est un ravageur important de l'arachide. Aux États-Unis, on le trouve en Arizona, en Californie, à Hawaï, en Idaho, en Indiana, au New-Jersey, en Oregon, dans l'État de Washington et au Wisconsin; dans certains États, il est soumis à la réglementation de

quarantaine. On a détecté la présence du nématode au Canada en 1945 dans trois régions bien circonscrites de l'Île-du-Prince-Édouard et en 1952 près de Vancouver, Colombie-Britannique. À l'Île-du-Prince-Édouard, les mesures d'éradication qui s'imposaient ont été prises et la province a légiféré. On n'a pas replanté de pommes de terre dans les champs infectés et on n'a signalé aucune trace du nématode depuis le début des années soixante. Les nématodes de la pourriture des racines attaquent aussi les iris à bulbes, ainsi que 80 autres plantes-hôtes dont les légumes tels que la betterave, la carotte, le céleri, les crucifères, les cucurbitacées, l'aubergine, l'oignon, le poivron, la rhubarbe et la tomate. Les données sur la gamme d'hôtes, les techniques de diagnostic, le mode de nutrition, l'écologie et la persistance du *D. destructor* en champ sont incomplètes; la plupart des infections ne sont détectées que lorsqu'on trouve ce nématode dans les tubercules de pomme de terre à maturité.

Le nématode de la pourriture des racines se nourrit surtout de champignons microscopiques et peut survivre dans les mauvaises herbes et dans les champs en jachère pendant plusieurs années. Cependant il survit rarement dans les tubercules pourris. L'alimentation, au départ, se fait juste sous l'épiderme des racines et des tubercules. Les symptômes initiaux sont de petites cavités (0,3 mm de diamètre) entourées d'anneaux parfaitement blancs qui sont visibles lorsque l'on pèle le tubercule. Avec le temps, une zone déprimée apparaît et la peau devient nécrotique et sèche et produit des crevasses irrégulières et triangulaires caractéristiques. Les tubercules sévèrement attaqués révèlent de larges dépressions couvertes de peau sèche (16.86). Les crevasses sont des points d'invasion pour les bactéries et les champignons et les tubercules atteints pourrissent habituellement dans l'entrepôt ou dans le sol.

Références bibliographiques

- Esser, R.P. 1985. Characterization of potato rot nematode, *Ditylenchus destructor* Thorne, 1945 (Tylenchidae) for regulatory purposes. *Nematology Circ.* 124. Florida Dep. Agric. Consumer Serv., Gainesville. 4 pp.
- Hodgson, W.A., D.D. Pond et J. Munro. 1974. *Diseases and Pests of Potatoes*. Can. Dep. Agric. Publ. 1492 (révisée). 69 pp.
- MacGuidwin, A.E., et S.A. Slack. 1991. Suitability of alfalfa, corn, oat, red clover, and snapbean as hosts for the potato rot nematode, *Ditylenchus destructor*. *Plant Dis.* 75:37-39.

(Texte original de W.L. Seaman et R.J. Howard)

Anthonyme du poivron

Fig. 24.16 à 24.20

Anthonomus eugenii Cano

L'anthonyme du poivron a été détecté pour la première fois en 1992 au Canada sur le poivron de serre. Voir chapitre 24, Poivron de serre, pour en savoir plus.

Teigne des pommes de terre

Fig. 3.27

Phthorimaea operculella (Zeller)

(syn. *Gnorimoschema operculella* (Zeller))

La teigne des pommes de terre est un papillon nocturne (Gelechiidae) qui est répandu partout dans les latitudes tropicales et subtropicales. En Amérique du Nord, on la trouve dans le sud des États-Unis et au Mexique, mais pas au Canada. Les larves de ce papillon se nourrissent de

solanacées; c'est un ravageur des récoltes que l'on peut trouver sur les pommes de terre et les tomates importées. Le dernier cas remonte à 1989-1990 lorsqu'on a trouvé des larves dans et sur des tomates importées d'Australie. On en a déjà trouvé en 1972-1973 sur des pommes de terre à croustilles en provenance des États-Unis, mais pas depuis ce temps.

Le seul exemple confirmé de la présence de ce ravageur dans les cultures au Canada remonte à 1958, à Duncan, sur l'île de Vancouver, en Colombie-Britannique. Cette infestation n'a pas duré et on pense qu'elle a été éliminée naturellement par les éléments, ce qui donne à penser qu'on peut s'interroger également sur son aptitude à survivre dans les entrepôts. (Voir Mackay 1972)

Références bibliographiques

- Garland, J.A., ed. 1990. *Intercepted Plant Pests 1989-90/Ravageurs interceptés 1989-90*. Agriculture Canada, Division de la protection des végétaux, Ottawa. 43 pp.
- Mackay, M.R. 1972. Larval sketches of some Microlepidoptera, chiefly North American. *Entomol. Soc. Can. Mem.* 88. 83 pp.

(Texte original de J.A. Garland)

Aleurode du coton

Fig. 3.28 à 3.31

Bemisia tabaci (Gennadius)

L'aleurode du coton (Aleyrodidae) est répandue ailleurs en Amérique du Nord, particulièrement dans les latitudes plus méridionales. Elle est entrée au Canada en 1987, 1988 et 1989 sur des boutures de plantes ornementales provenant du sud des États-Unis. L'infestation au champ a été découverte en 1988 sur des plants de tomates au voisinage d'une serre de plantes ornementales à Leamington, en Ontario, mais le ravageur n'a pas survécu à l'hiver. Des infestations assez importantes pour causer des dommages ont été détectées dans plusieurs cultures de tomates de serre en Colombie-Britannique en 1988 et 1989. Un désordre de la maturation, semblable à la marbrure (25.46), fut relié à la présence d'adultes et de spécimens à des stades immatures de cette aleurode et s'est traduit par des pertes importantes dans ces cultures.

L'aleurode du coton ne survit pas aux hivers canadiens dans les champs, mais il est possible que les infestations perdurent dans les serres de plantes ornementales et sur les plantes d'intérieur. Il est beaucoup plus difficile de lutter contre ce ravageur avec des moyens chimiques ou biologiques que contre l'aleurode du coton (voir Concombre de serre, et Tomate de serre).

Référence bibliographiques

- Bellows, T.S., Jr., T.M. Perring, R.J. Gill et D.H. Headrick. 1994. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 83: 195-206.
- Brown, J.K., et H.S. Costa. 1992. First report of whitefly-associated squash silverleaf disorder of *Cucurbita* in Arizona and of white streaking disorder of *Brassica* species in Arizona and California. *Plant Dis.* 76:426.
- Gill, R.J. 1992. A review of the sweetpotato whitefly in southern California. *Pan-Pacif. Entomol.* 68:144-152.
- Schuster, D.J., J.B. Kring et J.F. Price. 1991. Association of the sweetpotato whitefly with a silverleaf disorder of squash. *HortScience* 26:155-156.

(Texte original de J.L. Shipp et D.R. Gillespie)

Mineuse de la tomate

Fig. 3.32

Keiferia lycopersicella (Walsingham)

La mineuse de la tomate (Gelechiidae) vit au Mexique, dans le sud des États-Unis, dans les Caraïbes et à Hawaï. Les larves de ce papillon nocturne se nourrissent de la chair des tomates en maturation et elle est parfois détectée sur les tomates importées. Le cas le plus récent remonte à 1988-1989 lorsqu'on en a trouvé sur et dans les tomates provenant de la Californie. Avant 1945, ce papillon était inconnu au Canada. En 1946, des larves furent découvertes et identifiées sur des tomates de grande culture et de serre dans le sud-ouest de l'Ontario. Cependant ces infestations n'ont pas persisté. Depuis ce temps, on a signalé deux cas isolés au Canada : en 1970, dans une serre sur l'île de Vancouver, et en 1975, dans une serre et dans des potagers avoisinants, à Kamloops, Colombie-Britannique. On les a éliminées en les exposant aux éléments et en plantant des concombres, qui ne sont pas attaqués par ce papillon. On pense que ces infestations provenaient de tomates importées du Mexique et du sud et de l'ouest des États-Unis durant la saison froide.

Ces incidents ont démontré que la mineuse de la tomate ne survit pas aux conditions hivernales de champs au Canada. Les infestations occasionnelles de serres peuvent être contrées par la destruction des vieux conteneurs d'expédition et par l'installation de moustiquaires aux ouvertures des serres et la stratégie de lutte consiste à ajouter le concombre aux cultures de rotation de la serre.

Références bibliographiques

Garland, J.A., ed. 1989. *Intercepted Plant Pests 1988-89/Ravageurs interceptés 1988/1989*. Agriculture Canada, Division de la protection des végétaux, Ottawa. 41 pp.

(Texte original de J.A. Garland)

► Maladies et ravageurs introduits

Les maladies et ravageurs suivants ont été introduits de pays étrangers et se sont établis dans certaines régions du Canada. Des règlements ont été adoptés pour prévenir l'infestation des régions exemptes.

Flétrissement bactérien

Fig. 16.1 à 16.5

Clavibacter michiganensis subsp. *sepedonicus* (Spieckermann & Kotthoff) Davis et al.
(syn. *Corynebacterium sepedonicum* (Spieckermann & Kotthoff) Skapston & Burkholder)

Au Canada, on ne connaît plus d'infections de nature épidémique par le flétrissement bactérien dans les champs de pomme de terre, bien que certaines régions subissent encore des apparitions sporadiques. La Loi canadienne sur les Semences a déclaré un degré de tolérance zéro pour cette maladie, exige un certificat pour les déplacements de pommes de terre dans le pays et a élaboré une réglementation précise pour l'exportation de pommes de terre de semence. Les provinces de l'Alberta, de la Colombie-Britannique, du Nouveau-Brunswick et de l'Île-du-Prince-Édouard ont ajouté des réglementations spécifiques. L'effet combiné de toutes ces mesures a amené l'éradication de la maladie dans la plupart des régions, de sorte qu'on n'a si-

gnalé que très peu de cas de flétrissement bactérien ces dernières années dans ces provinces.

Galle verruqueuse

Fig. 16.51 à 16.54

Synchytrium endobioticum (Schilke) Percival

Au Canada, cette maladie est présente seulement à Terre-Neuve et dans certaines régions du Labrador. On pense aussi que les îles françaises de Saint-Pierre-et-Miquelon sont infestées. (Voir ci-dessous le texte sur les nématodes cécidogènes et voir aussi Pomme de terre, galle verruqueuse, dans le chapitre sur les cultures.)

Filosité de la pomme de terre

Viroïde de la filosité de la pomme de terre

Il y a eu au Canada et aux États-Unis des incidences du viroïde de la filosité de la pomme de terre. Ce viroïde est transmis mécaniquement par contact et par les insectes broyeurs et la dispersion se fait par la semence, le pollen et les tubercules. Au Canada, l'imposition de la tolérance zéro et la réglementation fédérale et provinciale visent à éradiquer la maladie des champs de production de pommes de terre de semence. On a déclaré l'Île-du-Prince-Édouard et le Nouveau-Brunswick exempts de ce viroïde.

Virus Y^N de la pomme de terre

Fig. 3.33 à 3.35; 16.63

PVY^N (souche de la nécrose nervale du tabac)

Le virus Y^N de la pomme de terre, souche de la nécrose nervale du tabac, est présent en Europe depuis plusieurs années, mais on l'a rarement détecté en Amérique du Nord. En 1989, on a diagnostiqué sa présence dans le tabac et la pomme de terre du sud de l'Ontario et, entre 1990 et 1992, on a décelé sa présence dans certaines régions de l'Île-du-Prince-Édouard, du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse, du Québec et de la Californie.

La plupart des souches de ce virus s'accompagnent de presque aucun symptôme sur la pomme de terre et causent très peu ou pas de perte de rendement à l'hôte qui, au pire, ne révèle que quelques mouchetures sur les feuilles. Sur le tabac cependant, le virus est responsable d'un jaunissement des feuilles et d'un noircissement des nervures, des symptômes évidents, et les pertes de rendement peuvent être élevées. Au champ, le virus Y^N de la pomme de terre est disséminé de façon non persistante par les pucerons. Il survit à l'hiver principalement dans les tubercules de pomme de terre. (Voir aussi Pomme de terre, virus Y de la pomme de terre)

Nématodes à kyste de la pomme de terre

Fig. 16.85

Nématode doré ou nématode des racines de la pomme de terre
Globodera rostochiensis (Wollenweb.) Behrens
Nématode à kyste blanc *Globodera pallida* (Stone) Behrens

Ces deux espèces de *Globodera* attaquent la pomme de terre. Les deux se trouvent à Terre-Neuve et le nématode doré a aussi été détecté sur l'île de Vancouver. La plupart des pays exigent des produits exempts de galle verruqueuse

et des deux nématodes cécidogènes. Ces ravageurs font l'objet de réglementation à Terre-Neuve, au Canada. Il y va de même pour le nématode doré, dans la région de Central Saanich, Colombie-Britannique; on ne peut pas exporter de produits contaminés par ces ravageurs ailleurs au pays ou au monde. En retour, il est interdit à tout pays où ce problème sévit d'exporter des pommes de terre aux régions exemptes du Canada. La législation s'applique même aux plantes ou à tout autre objet qui peut être contaminé par le sol, comme les vieux sacs, les conteneurs, les bâches, les véhicules. Les tubercules de pomme de terre sont probablement les plus sensibles aux attaques des ravageurs et ils peuvent aussi abriter des stades de ces ravageurs, même après le nettoyage. D'autres produits comme les plantules de légumes provenant de pépinières et cultivés dans un sol infesté doivent être inspectés soigneusement s'il y a du sol qui adhère à leurs racines, à leurs fruits ou au plant. C'est pourquoi les tomates et les aubergines de grande culture font l'objet de réglementation à partir des régions infestées. On ne peut les transporter hors d'une zone infestée s'il y a du sol qui adhère aux fruits. Les pommes de terre destinées à l'entreposage doivent être traitées avec un inhibiteur de germination et un certificat est requis pour le transport international.

L'utilisation de cultivars tels que Cupids, qui est résistant à la galle verruqueuse et aux nématodes cécidogènes, peut réduire le risque de dispersion de ces ravageurs. Pour le moment, la législation fédérale canadienne impose à cette fin l'interdiction ou une surveillance étroite sur le transport, à partir de Terre-Neuve et du Labrador, de sol, de plantes, d'équipement et d'autres matériaux auxquels des spores ou des kystes en dormance pourraient adhérer. Il est interdit depuis 1982 de cultiver la pomme de terre dans la région affectée de Central Saanich en Colombie-Britannique.

Doryphore de la pomme de terre

Fig. 16.96 à 16.99

Leptinotarsa decemlineata (Say)

Le doryphore de la pomme de terre (voir Pomme de terre) est maintenant présent dans la plupart des régions du Canada et est visé par la réglementation en ce qui a trait à l'expédition de plants ou de parties de plants de pomme de terre vers Terre-Neuve. Cette réglementation vise surtout les pommes de terre ensachées au champ pour éviter que les ravageurs adultes n'atteignent les sacs pour y hiverner, avant que ces derniers ne soient fermés. Cependant, on a proposé d'abandonner cette réglementation parce que l'ensachage au champ n'est plus une pratique utilisée par les commerçants de pommes de terre.

Pyrale du maïs

Fig. 12.36 à 12.43

Ostrinia nubilalis (Hübner)

La pyrale du maïs (voir Maïs) est visée par la réglementation sur certaines denrées destinées à la Colombie-Britannique. Le maïs sucré et les poivrons sont les deux cultures légumières les plus susceptibles d'être attaquées par les larves et de les transporter. Ces dernières creusent des galeries dans le pédoncule et l'épi du maïs sucré frais et s'installent aussi dans les poivrons. On pense aussi que les

larves peuvent être dispersées en voyageant dans les têtes de betterave bottelée.

Scarabée japonais

Fig. 3.36

Popillia japonica Newman

Le scarabée japonais (Scarabéidés) est présent dans certaines régions de l'Ontario, du Québec et un peu partout dans le nord-est des États-Unis. Les plantes ou parties de plantes provenant de ces régions ou d'autres régions du monde où il est présent sont soumises à la réglementation. Les larves se nourrissent sur les racines; les adultes diurnes d'une grande longévité profitent parfois de véhicules et de divers objets en été pour se déplacer.

Escargot petit-gris

Fig. 3.37

Helix aspersa Müller

On trouve l'escargot petit-gris dans plusieurs régions du sud-ouest de la Colombie-Britannique, y compris l'île de Vancouver. Les plantes ou parties de plantes font l'objet d'une réglementation en ce qui a trait à l'expédition ailleurs au Canada où le ravageur n'est pas présent.

(L'information sur les maladies et les ravageurs introduits a gracieusement été fournie par Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la production et de l'inspection des aliments)

► Lutte contre les nématodes ravageurs

Fig. 3.38

La lutte contre les nématodes parasites des cultures légumières nécessite l'intégration des pratiques culturales, des cultivars résistants et des nématicides chimiques pour réduire les populations de nématodes au moment de la plantation. L'usage de pesticides peut s'avérer rentable à des moments où d'autres stratégies de lutte paraissent trop coûteuses ou inadéquates. Pour l'information sur les principaux nématodes ravageurs des cultures légumières au Canada et sur les moyens de lutte, voir Carotte, nématode cécidogène; Oignon, nématode des tiges et des bulbes; Pomme de terre, nématode des lésions racinaires, nématodes à kyste de la pomme de terre et nématodes ectoparasites; Betterave, nématode à kyste de la betterave.

Dépistage Il existe une relation directe entre la densité des populations de nématodes ravageurs dans le sol au moment de l'établissement de la culture et la gravité des dommages subséquents; donc, théoriquement, il est possible d'établir un seuil de nuisibilité pour chaque nématode parasite au regard de la ou des cultures hôtes. Ce seuil serait le point à partir duquel toute densité de population de nématodes dans le sol devient excessive et se traduit par des baisses concomitantes observables de rendement, de qualité ou des deux. Il faut beaucoup de temps pour établir de tels seuils. Très peu de renseignements de ce genre sont à la disposition des producteurs maraîchers canadiens. Dans la pratique, on établit une prévision des dommages qui seront causés par les nématodes en faisant le recensement des populations de nématodes dans le sol. Ceci constitue aussi la première étape du diagnostic. Lorsque la densité de populations des nématodes dans un échantillon donné a été établie, on extrapole souvent cette donnée pour obtenir une

estimation des densités dans tout le champ. Et ici la prudence est de mise; l'obtention de densités moyennes excédant un certain seuil peut signifier que seulement certaines portions du champ seront affectées de façon observable.

Pratiques culturales Il est presque impossible d'établir des programmes de rotation efficaces et rentables pour les fermes où on ne cultive que des légumes. La destruction des résidus infestés, la jachère entre les cultures et l'usage de cultures non sensibles dans les rotations constituent des mesures efficaces contre les espèces de nématodes qui attaquent seulement quelques cultures. La luzerne, les céréales, le haricot et la pomme de terre, qui ne sont pas affectés par le nématode à kyste de la betterave, constituent des exemples utiles de rotations pour lutter contre ce ravageur. Il est plus difficile de lutter contre les nématodes des lésions racinaires et les nématodes cécidogènes, qui ont une très grande diversité d'hôtes. Quelques graminées et céréales comme le blé, l'orge, l'avoine et le seigle sont fréquemment utilisées dans les rotations pour lutter contre le nématode cécidogène du nord, car elles ne sont pas affectées par ce ravageur. Une façon idéale de réduire les populations de nématodes des lésions racinaires et de nématodes cécidogènes dans les petites cultures légumières est d'y intercaler des oeilleux d'Inde (*Tagetes patula* L.) ou des roses d'Inde (*T. erecta* L.). Ces plantes sont plus efficaces que la jachère ou d'autres pratiques culturales. Les nématodes sont attirés par les tagètes et pénètrent dans leurs racines, mais sont incapables de s'en nourrir et de se multiplier. Il s'ensuit que la densité des populations de nématodes ravageurs dans le sol est réduite. Les tagètes ne sont cependant pas utiles dans la lutte contre les *Heterodera*, les *Ditylenchus* et la plupart des espèces ectoparasites.

La solarisation est une méthode pratique de lutte dans les potagers. La chaleur intense du soleil estival peut élever la température du sol à plus de 40°C sous une toile de plastique transparent, ce qui tue les nématodes jusqu'à des profondeurs de 5 à 10 cm. Ceci nécessite cependant que le sol soit bien travaillé et humecté pour que la chaleur pénètre de façon uniforme. Cette toile devrait recouvrir le sol pendant trois à six semaines. La destruction est totale en surface, mais le traitement perd de son efficacité avec la profondeur.

Malgré qu'il en coûte un peu plus, l'achat de semence et de plants certifiés et exempts de nématodes vaut son pesant d'or. Les plants doivent être vigoureux et tout à fait exempts de galles sur les racines ou de lésions causées par les nématodes. L'usage de milieux hydroponiques ou de sols pasteurisés et fumigés est conseillé pour le concombre, la tomate et les autres cultures sensibles. Afin d'éliminer les nématodes parasites des plantes dans de petites quantités de sol destiné à la germination de semences ou à la levée de plants, on conseille aux producteurs d'humecter le sol pendant plusieurs heures et de le chauffer à 80°C pendant une heure. S'il s'agit de sols de serre fortement infestés, la pasteurisation annuelle ou même semi-annuelle peut être de mise pour éviter que les concombres et les tomates de serre et les quelques plantes ornementales que l'on trouve parfois en serre avec les légumes ne subissent d'attaques graves.

Cultivars résistants Quelques cultivars de légumes sont résistants à certaines espèces de nématode. La plupart du temps, on trouve une certaine résistance à quelques espèces de nématodes cécidogènes ou à d'autres nématodes parasites des plantes, mais pas à toutes les espèces. Il n'existe aucun cultivar de légume doté de résistance spécifique au nématode des lésions racinaires ou au nématode cécidogène du nord, mais quelques cultivars manifestent une certaine tolérance. Ainsi, on a trouvé que certains cultivars de carotte faisaient montre de plus de tolérance que d'autres à l'infection par le nématode cécidogène et il existe des porte-greffes de tomate résistants aux nématodes pour le greffage.

Lutte biologique Les nématicides microbiens ne sont pas encore sur le marché, mais certains micro-organismes des sols sont des ennemis naturels des nématodes et il y a des façons d'accroître leur activité. On peut, par exemple, stimuler l'activité des champignons nématophages par de fortes applications de fumier ou d'autres types de matière organique.

Lutte chimique Un certain nombre de nématicides fumigènes ont été mis au point dans les années cinquante. On a aussi mis au point des nématicides non fumigènes et non phytotoxiques pour application à la plantation, mais on ne peut pas les utiliser, car on ne dispose pas d'enregistrements pour leur utilisation sur les cultures légumières. Une fumigation réussie (3.36) en conditions idéales et aux doses recommandées devrait éliminer 80 à 90 % des nématodes jusqu'à 25 cm de profondeur. L'activité de la substance dépend de la présence d'eau et d'air dans les interstices du sol. Le gaz fumigène se dissout dans l'eau et tue ainsi les nématodes. Une partie du gaz adhère à la matière organique et aux débris de plantes. Le gaz se diffuse environ mille fois plus loin dans l'air que dans l'eau et plus rapidement dans un sol chaud que dans un sol froid. Dans un sol humide, dans lequel les pores du sol sont remplies d'eau, le gaz se dissout, mais ne diffuse pas. Conséquemment, la plupart des interstices du substrat ne sont pas atteints et les nématodes ne sont pas tous tués.

Tous les nématicides fumigènes sont phytotoxiques. Il est essentiel d'accorder suffisamment de temps au gaz pour s'évaporer du substrat traité avant de semer ou de planter. Le processus d'aération requiert que le substrat soit hersé ou tourné une fois par semaine pendant deux ou trois semaines à partir de la fumigation jusqu'à la plantation. Les gaz fumigènes ont un autre désavantage, celui de tuer les organismes utiles comme les mycorhizes, les rhizobiums, les nématodes prédateurs et les champignons et bactéries antagonistes ou prédateurs des nématodes ravageurs des plantes.

Références bibliographiques

- Anonyme. 1971. *Estimated Crop Losses due to Plant-Parasitic Nematodes in the United States*. Committee on Crop Losses, Soc. Nematol., Hyattsville, Maryland. Special Publ. No. 1. 8 pp.
- Barker, K.R., et T.H.A. Olthof. 1976. Relationships between nematode population densities and crop responses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 14:327-353.
- Bird, G.W. 1969. Depth of migration of *Meloidogyne incognita* (Nematodea) associated with greenhouse tomato and cucumber roots. *Can. J. Plant Sci.* 49:132-134.
- Bird, G.W. 1987. Role of nematology in integrated pest management programs. Pages 114-121 dans J.A. Veech et D.W. Dickson, eds, *Vistas on Nematology*. Soc. Nematol., Hyattsville, Maryland. 509 pp.

- Evans, A.A.F., et R.N. Perry. 1976. Survival strategies in nematodes. Pages 383-422 dans N.A. Croll, ed, *The Organization of Nematodes*. Academic Press, New York. 439 pp.
- Giblin-Davis, R.M., et S.D. Verkade. 1988. Solarization for nematode disinfestation of small volumes of soil. *Ann. Appl. Nematol.* 2:41-45.
- Johnson, P.W. 1975. Effects of rate and depth of application on nematode vertical distribution and tomato production in a sandy loam greenhouse soil. *Can. J. Plant Sci.* 53:837-841.
- Kimpinski, J., et T.H.A. Olthof. 1987. Control of nematodes. Pages 133-145 dans G. Boiteau, R.P. Singh et R.H. Parry, eds, *Potato Pest Management in Canada*. Proc. Symp., Frédéricton, Nouveau-Brunswick, 27-29 jan., 1987. 384 pp.
- Lazarovits, G., M.A. Hawke, A.D. Tomlin, T.H.A. Olthof et S. Squire. 1991. Soil solarization to control *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus penetrans* on potatoes in central Ontario. *Can. J. Plant Pathol.* 13:116-123.
- McKenry, M.V. 1987. Control strategies in high-value crops. Pages 329-349 dans R.H. Brown et B.R. Kerry, eds, *Principles and Practice of Nematode Control in Crops*. Academic Press, New York. 447 pp.
- Thomason, I.J., et E.P. Caswell. 1987. Principles of nematode control. Pages 87-130 dans R.H. Brown et B.R. Kerry, eds, *Principles and Practice of Nematode Control in Crops*. Academic Press, New York. 447 pp.

(Texte original de T.C. Vrain)

► Lutte contre les mauvaises herbes

Fig. 3.39

En luttant contre les mauvaises herbes dans les bouts de champ et dans les superficies avoisinantes en friche et en les empêchant de produire et de disséminer leurs semences dans les terres cultivées, les producteurs peuvent en venir à réduire les stocks de semence de mauvaises herbes dans les cultures légumières (voir aussi chapitre 2, Mauvaises herbes ou adventices).

Dépistage Il est essentiel de parcourir les champs de légumes, surtout aux premiers stades de la levée, avant de prendre des décisions relativement aux mauvaises herbes. Bien que peu de renseignements sur les seuils à incidence économique soient disponibles, il incombe de faire une évaluation de l'importance des mauvaises herbes avant de décider d'appliquer un herbicide ou de travailler le sol. De même, l'établissement d'un calendrier d'intervention pour lutter contre les mauvaises herbes aux stades où ces dernières sont vulnérables nécessite que des opérations de dépistage soient effectuées à intervalles réguliers (2.1 à 2.15). Dans les champs où les mauvaises herbes sont distribuées uniformément, un parcours en zigzag des cultures est recommandé. Une carte des cultures détaillant l'emplacement des concentrations de mauvaises herbes et les surfaces nécessitant des moyens de lutte spéciaux devrait être établie pour usage immédiat et conservée pour usage ultérieur. Puisque la plupart des mauvaises herbes proviennent du réservoir de semences du sol cultivé, les problèmes afférents montrent une certaine constance d'une année à l'autre.

Pratiques culturales On peut se débarrasser des mauvaises herbes par des moyens mécaniques comme le travail du sol, le paillage et le fauchage. Dans les cultures de légumes en rangs, on a eu recours aux labours et au sarclage à la main pendant des siècles pour lutter contre les mauvaises herbes et pour favoriser l'aération du sol. Cependant, lorsque le travail mécanique est trop fréquent et lorsque le sol est trop humide, ce dernier se compacte et

ceci peut avoir un effet contraire sur la croissance de la culture. L'utilisation trop fréquente d'un rotoculteur peut défaire les agrégats du sol et sa structure.

Le paillage de matière plastique est très populaire depuis quelques années dans les cultures sensibles à la chaleur telles que le concombre, le melon, le poivron, le maïs sucré et la tomate. Bien que les paillis de plastique transparent fournissent le plus de chaleur au sol, ils favorisent aussi la croissance de mauvaises herbes. Par contre le plastique noir, qui bloque la lumière, inhibe la croissance des mauvaises herbes. On a mis au point un nouveau plastique qui laisse passer le rayonnement infrarouge; il est présentement à l'essai pour en déterminer l'aptitude à prévenir la levée des adventices. Dernièrement, les chercheurs se sont intéressés aux paillis vivants ou aux débris de cultures comme couverture pour réduire ou éliminer la levée hâtive des mauvaises herbes. La stratégie globale de lutte intégrée contre les mauvaises herbes fait aussi appel aux rotations et à l'ajustement de l'espacement entre les rangs et de la dose de semis.

Lutte biologique Le BioMal, qui est le premier mycoherbicide commercial mis au point au Canada, a été enregistré en 1992 comme agent de lutte contre la mauve à feuilles rondes dans certaines cultures. L'ingrédient actif est le champignon pathogène *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *malvae* Mortensen. On n'exclut pas éventuellement d'enregistrer ce produit comme agent de lutte dans les cultures légumières; des recherches se poursuivent pour mettre au point des mycoherbicides aptes à lutter efficacement contre d'autres mauvaises herbes. Contrairement à la plupart des herbicides chimiques, les agents de lutte biologique (insectes ou parasites des plantes) agissent seulement sur des espèces ciblées de mauvaises herbes. Habituellement, la lutte contre les mauvaises herbes nécessite l'introduction dans une région d'agents de lutte qui proviennent d'une autre région et qui peuvent fournir un effort durable. Cette méthode est convenable pour les prairies et les régions incultes, mais elle s'adapte mal aux cultures légumières annuelles. La lutte biologique contre les mauvaises herbes des cultures légumières se fera surtout par la mobilisation d'un organisme actif, qui sera appliqué à l'espèce ciblée, une pratique que l'on appelle inoculation ou lâcher massifs.

Lutte chimique Les herbicides sont communément utilisés en combinaison avec les travaux de champ pour lutter de façon globale contre les mauvaises herbes. Il est rare que l'industrie chimique mette au point des herbicides spécifiques pour les cultures légumières à cause de la petitesse du marché. Il a donc fallu que les chercheurs adaptent à ces fins des herbicides déjà existants. Au Canada, ce sont surtout les chercheurs des gouvernements fédéral et provinciaux qui fournissent les données sur l'efficacité et la tolérance des cultures aux herbicides en vue de leur certification, conformément aux exigences du Programme d'expansion du profil d'emploi pour usage limité demandé par les utilisateurs (PEPUDU).

La récente mise au point du sethoxydime et du fluzafop-butyl a permis de lutter efficacement contre les graminées annuelles et le chiendent dans les cultures légumières

dicotylédones. Ces produits sont appliqués en postlevée de la culture et des mauvaises herbes et leur action n'est pas résiduelle. Par conséquent, les mauvaises herbes qui lèvent après l'application peuvent envahir la culture et nuire à la récolte. Ces deux antigraminées sont aussi utilisés dans les cultures légumières, sur sol minéral et organique, pour détruire les céréales cultivées comme brise-vent avant qu'elles n'entrent en compétition avec les légumes.

Dans les cultures légumières, la lutte chimique contre les mauvaises herbes donne des résultats qui varient d'excellents pour la carotte, la pomme de terre, le maïs sucré et la tomate, à non satisfaisants dans les cultures de cucurbitacées et dans la plupart des cultures légumières sur petites surfaces. Dans ces cultures, il faut employer d'autres moyens de lutte pour se débarrasser des adventices. Lorsque les seuls herbicides disponibles sont des herbicides de préplantation ou de prélevée, les producteurs doivent recourir au désherbage et aux travaux manuels pour enlever les mauvaises herbes plus tardives.

Dommages aux cultures causés par la dérive éolienne des herbicides et les résidus dans les sols Les herbicides comme le 2,4-D et le dicamba, qui peuvent agir comme hormones de croissance, causent souvent des dommages aux cultures légumières sensibles lorsqu'ils sont transportés accidentellement par le vent ou qu'on a utilisé des pulvérisateurs ou des arrosoirs contenant des résidus de ces produits. Comme symptômes, on observe habituellement une courbure de la tige et des pétioles, l'enroulement et une courbure prononcée des feuilles et un développement anormal des nervures des feuilles. Des traces de picloram dans le fumier de bétail dont l'alimentation se composait de végétaux traités causent souvent des problèmes dans les potagers et parfois aussi dans les grandes cultures.

Les herbicides à base de sulphonyl-urée (chlorsulfuron, méthyle metsulphuron) et d'imidazolinone (imazethapyr, imazamethabenz) peuvent causer des dommages à la plupart des cultures légumières, même à très faibles doses. Les traces de ces herbicides dans le sol agissent sur les plantes en causant le rabougrissement, la chlorose et parfois la mortalité. Les produits à base de trifluraline sont beaucoup utilisés pour la lutte contre les mauvaises herbes dans les cultures légumières. Cependant leur effet résiduel est important et ils peuvent causer des dommages sérieux aux cultures subséquentes de betteraves et de maïs sucré et des dommages un peu moins importants aux cucurbitacées. Il importe de prendre tous les soins nécessaires pour que seulement des cultures tolérantes soient plantées après que des herbicides à base de triazine et d'urée ont été utilisés.

En serre, les dommages peuvent être occasionnés par l'utilisation de paille de céréales ou d'autres paillis et amendements qui ont été contaminés par les herbicides. Quelques rapports font aussi état de dommages causés directement aux cultures par l'arrosage inconsidéré des allées et des surfaces sous les bancs de culture.

Prospective en matière de lutte contre les mauvaises herbes Au fil des ans, l'importance des solutions alternatives de lutte contre les mauvaises herbes s'accroît aux yeux des producteurs. Ces techniques pourront réduire la dépendance aux herbicides chimiques, mais elles ne pourront pas les remplacer complètement.

Réduction de l'usage des herbicides — Les méthodes suivantes peuvent aider à réduire les quantités d'herbicides utilisées; l'application par bandes; l'utilisation de nouveaux herbicides à faible dose; l'application des herbicides de postlevée au stade propice de développement de la culture pour maximiser leur effet; l'application des engrais directement sous les semences de façon à nourrir la culture et non les mauvaises herbes; l'usage de nouvelles combinaisons d'herbicides, de nouveaux adjuvants et d'équipements nouveaux; la surveillance constante des mauvaises herbes et la détermination des seuils nécessitant l'application d'herbicides.

Solutions de rechange aux herbicides chimiques — Les stratégies alternatives de lutte contre les mauvaises herbes acquièrent de l'importance aux yeux des producteurs de légumes. On vise à réduire la dépendance aux produits chimiques sans nécessairement les éliminer. Au nombre des méthodes à l'étude et en développement, on compte : la lutte biologique à l'aide de mycoherbicides spécifiques; la suppression des mauvaises herbes par des plantes couvre-sol; les rotations; le recours aux plantes allélopathiques (voir Plantes utiles, dans le présent chapitre) comme engrais vert; et l'usage de fertilisants à base d'azote soluble pour lutter contre certaines mauvaises herbes des cultures de crucifères. On peut penser que l'usage des herbicides chimiques continuera de prévaloir pendant un bon moment, mais que certains produits changeront. La tendance générale à utiliser moins d'herbicides se maintiendra et on s'en remettra davantage aux pratiques culturales, y compris l'usage de couvre-sol pour supprimer les mauvaises herbes et favoriser la conservation des sols.

Cultures obtenues par génie génétique — L'impact de la biotechnologie dans la lutte contre les mauvaises herbes pourrait se traduire par la mise au point de cultivars de légumes non affectés par de faibles doses d'herbicides «respectueux de l'environnement» et par l'incorporation de caractères allélopathiques aux cultures légumières.

Mauvaises herbes résistantes aux herbicides — Le premier cas de résistance aux herbicides chez les mauvaises herbes est apparu en 1970 dans une pépinière commerciale de l'État de Washington où le séneçon vulgaire, jusqu'alors sensible à la simazine, y était devenu résistant. On avait utilisé cet herbicide pendant des années à cet endroit. Il a maintenant été démontré que l'usage répété de certains herbicides, parfois pendant aussi peu de temps que cinq ans, peut favoriser l'apparition de la résistance chez les mauvaises herbes. L'importance de ce phénomène augmente constamment. Les méthodes que l'on utilise présentement pour retarder ou prévenir l'augmentation de la résistance aux herbicides chez les mauvaises herbes comprennent : la rotation des cultures; la rotation des herbicides (l'usage d'herbicides agissant diversement); l'utilisation d'herbicides à activité de courte durée ou qui ne laissent pas de traces; l'utilisation de doses réduites; l'utilisation de mélanges d'herbicides; et la pratique de travaux de champ appropriés lorsque possible.

Référence bibliographiques

- Alex, J.F. 1992. *Ontario Weeds*. Ontario Ministry of Agriculture and Food. Publ. 505. 304 pp.
Dore, W.G., et J. McNeill. 1980. *Grasses of Ontario*. Agric. Can. Monogr. 26. 566 pp.

- Esau, R. 1987. Postemergence treatments for weed control in onions. Research Rep., Expert Committee on Weeds (Western Canada Section) 3:494.
- Friesen, G.H. 1978. Weed interference in pickling cucumbers (*Cucumis sativus*). *Weed Sci.* 26:626-628.
- Greaves, M.P. Mycoherbicides: the biological control of weeds with fungal pathogens. *Pflanzenschutz-Nachr.* 45:21-30.
- Harris, P. 1990. Classical biological control of weeds. Pages 51-58 dans A.S. McClay, ed. *Proceedings of the Workshop on Biological Control of Pests in Canada*, Calgary, AB, 11-12 oct., 1990. Publ. AECV91-1, Alberta Environmental Centre, Vegreville. 136 pp.
- Ivany, J.A. 1980. Effect of weed competition and weed control programs on rutabaga yield. *Can. J. Plant Sci.* 60:917-922.
- Mortensen, K. 1988. The potential of an endemic fungus, *Colletotrichum gloeosporioides*, for biological control of round-leaved mallow (*Malva pusilla*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Sci.* 36:473-478.
- Moss, E.H. 1983. *Flora of Alberta*. 2^e éd. Univ. Toronto Press, Toronto, Ontario. 687 pp.
- Mulligan, G.A. 1991. *Common and Botanical Names of Weeds in Canada*. Canada Communication Group-Publishing, Ottawa. 131 pp.
- Weaver, S.E. 1984. Critical period of weed competition in three vegetable crops in relation to management practices. *Weed Res.* 24:317-325.

(Texte original de R. Esau)

► Lutte contre les maladies et ravageurs Fig. 3T3 des légumes de potagers

La culture des légumes dans un potager est un passe-temps agréable et gratifiant qui constitue pour une famille un bon moyen de réduire ses dépenses alimentaires. Les cultures de légumes sont menacées par diverses maladies, des insectes et des mauvaises herbes qui affectent le rendement et la qualité des produits et peuvent même détruire les plantes. Les jardiniers qui négligent de mettre en pratique les conseils qui peuvent réduire au minimum les attaques des maladies et des ravageurs dans les cultures s'exposent à bien des déceptions. Les ravageurs peuvent causer des dommages aux légumes à partir de l'ensemencement jusqu'après les récoltes.

Les maladies sont souvent moins évidentes, du point de vue de leur impact sur les légumes, que les insectes et les mauvaises herbes. Les mauvaises herbes sont faciles à voir, car elles rivalisent directement avec les plantes légumières pour l'espace, les aliments nutritifs et l'eau du sol. Même chose pour les insectes qui sont habituellement faciles à voir, ainsi que les résultats de leur activité. Par contre, il est plus difficile de suspecter la présence de maladies avant que des symptômes comme le ralentissement de la croissance ou la baisse imprévue des rendements ne se manifestent. L'agent pathogène peut ne pas être visible du tout, même si des symptômes indiquent qu'il y a quelque chose d'anormal.

On distingue deux types de maladies selon qu'elles sont causées par des facteurs biotiques ou abiotiques. Les maladies biotiques sont celles qui résultent de l'attaque d'un micro-organisme identifiable ou d'un agent pathogène comme les bactéries, les champignons ou les virus. Les maladies abiotiques surviennent par suite de conditions adverses de croissance ou de stress environnementaux tels que des températures extrêmes, la carence en eau ou l'excès d'eau et les déséquilibres d'éléments nutritifs. Ces deux types de maladies sont communs dans les potagers au Canada.

Les insectes, acariens et nématodes qui se nourrissent de plantes deviennent des ravageurs à partir du moment où ils

endommagent les plantes au point de compromettre leur aptitude à produire des parties comestibles. Certaines espèces d'insectes peuvent aussi transmettre des agents pathogènes. Les pucerons, comme exemple, sont vecteurs de plusieurs virus et les chrysomèles du concombre peuvent aussi disséminer le flétrissement bactérien et le virus de la mosaïque de la courge. Les jardiniers peuvent tolérer la présence de certains ravageurs des plantes, mais lorsque ceux-ci commencent à causer des dommages importants, il faut les combattre. Le jardinier amateur semble prêt à accepter plus de dommages à ses cultures légumières, et particulièrement des dommages visibles, que n'en acceptent les producteurs commerciaux. Un grand nombre de ravageurs sont sensibles à la prédation et au parasitisme d'ennemis naturels qui empêchent l'explosion des populations, ce qui signifie qu'on n'a pas besoin de recourir à des mesures de lutte supplémentaires. On doit réaliser cependant que les populations de prédateurs et de parasites dépendent de celles des ravageurs et que l'écart entre l'apparition des deux suffit pour que des signes d'attaque de ces derniers soient apparents. Durant cet intervalle, il sera peut-être nécessaire d'intervenir de façon spécifique pour maintenir les populations de ravageurs en deçà des seuils où les dommages deviendraient importants.

La meilleure façon de lutter contre les ravageurs dans un potager est de combiner un certain nombre de pratiques, comme l'utilisation de cultivars résistants, la sélection de semences et de plantes exemptes de ravageurs, la rotation des cultures, le dépistage constant des ennemis, la destruction des plantes infestées et des débris, le travail du sol, l'utilisation de paillis et l'usage des pesticides seulement lorsque c'est nécessaire. De telles pratiques gardent normalement les populations de ravageurs à des seuils



3T3 Dégâts d'alimentation du perce-oreille européen sur la courge; dans plusieurs centres urbains au Canada, le perce-oreille européen est devenu le ravageur le plus désagréable et le plus difficile à contrer dans les potagers. Pour en savoir plus, voir Crucifères, perce-oreille européen et les figures 8.95 à 8.98.

tolérables. On discute de tout ceci et d'autres techniques utiles de lutte ci-dessous.

Dépistage Pièges et appâts — Les pièges et appâts de tous genres utilisant la lumière, la couleur, les hormones sexuelles (phéromones) ou certains aliments pour attraper les ravageurs semblent efficaces. On peut se débarrasser des vers fil-de-fer en enterrant des morceaux de pomme de terre ou de carotte dans le sol à des endroits stratégiques et en les vérifiant à intervalles de quelques jours. On ramasse alors les morceaux infestés et on les détruit. On peut attirer les limaces avec de la bière ou un mélange de mélasse, d'eau et de levure dans un récipient agissant comme piège. On peut aussi placer des panneaux dans le potager, car les limaces aiment la fraîcheur et l'humidité qui s'y accumule. Il s'agit par la suite de ramasser les individus qui s'y sont réfugiés et de les détruire. Les perce-oreilles européens peuvent être attirés par des pièges en bois ou par des contenants remplis d'eau à laquelle on a ajouté un peu de détergent. On peut aussi cultiver des spécimens de plantes-hôtes particulières à certains insectes pour les attirer hors du potager. Cependant il faut s'assurer de détruire les ravageurs qui ont été attirés sans quoi ils retourneront dans le potager.

Pratiques culturales Semences et plants sains — Plusieurs organismes pathogènes se logent à la surface ou à l'intérieur des semences de légumes. Il est par conséquent peu prudent pour le jardinier de conserver les semences produites dans son potager. Il est préférable d'acheter des semences saines de première qualité d'un détaillant reconnu. Lorsqu'un jardinier entend de faire pousser des plantes pour le repiquage, il est préférable qu'il utilise des semences de première qualité et que le milieu de croissance soit pasteurisé. Lorsque les plants ou les racines sont obtenues d'un fournisseur, il faut en faire l'examen minutieux afin de détecter à l'avance tout indice de présence de maladies ou de ravageurs et les spécimens infestés devraient être détruits rapidement.

Rotation des cultures — Lorsque l'on déplace l'hôte d'un insecte ou d'un agent pathogène, on lui enlève sa source de nourriture et on compromet ses chances de reproduction. De nombreux agents pathogènes ne survivent pas longtemps dans un sol où on a changé la culture. Il y a des exceptions, comme les champignons des fusarioses vasculaires du chou, de la pomme de terre et de la tomate, et de la hernie des crucifères; là où ces agents pathogènes infestent le sol, ils peuvent y persister pendant plusieurs années.

Plusieurs insectes et acariens pondent leurs oeufs pour l'hibernation ou hivernent dans le sol à proximité de leurs plantes-hôtes. Si on déplace le potager ou que l'on transpose les cultures d'une place à l'autre dans ce dernier, les ravageurs de la dernière culture peuvent se retrouver avec une plante dont ils ne peuvent se nourrir et sur laquelle ils ne peuvent se reproduire. Cette pratique peut contribuer à lutter contre les mauvaises herbes, d'autant plus lorsqu'une partie du potager est laissé en jachère d'été pour au moins une saison de croissance. Les rotations ont l'avantage additionnel de refaire le sol. Des légumes comme le chou, le panais et la pomme de terre nécessitent de grandes quantités d'azote et de telles cultures ne devraient être produites

que dans des sols où on a d'abord produit des légumineuses comme le pois et le haricot suivies d'une jachère et de l'incorporation de compost ou de fumier.

Il est aussi préférable de faire des rotations de familles de légumes, car les membres d'une même famille sont souvent sensibles à la plupart des mêmes ravageurs. À titre d'exemple, la tomate, la pomme de terre, l'aubergine et le poivron font partie de la famille de la pomme de terre et ont plusieurs maladies et insectes ravageurs en commun. Il en est de même pour les cucurbitacées (concombre, melon, courge) et les crucifères (chou, brocoli, chou de Bruxelles, chou-fleur, chou-rave, panais et radis). Il est recommandé de laisser autant de temps que possible entre les cultures d'une même famille, préférablement trois à six ans. Si on ne peut pratiquer de rotation, les jardiniers devraient au moins alterner les cultivars des légumes et choisir, autant que possible, ceux qui résistent aux ravageurs.

Pratiques manuelles et mécaniques — On peut ramasser efficacement à la main les ravageurs gros et lents comme les chenilles, les doryphores de la pomme de terre et les limaces et les jeter dans un récipient contenant de l'eau savonneuse ou une solution à 5 % d'alcool isopropyle. On peut secouer les plantes ou les arroser avec un jet d'eau pour déloger certains insectes et acariens. On a mis au point des types de barrières pour empêcher un ravageur spécifique d'atteindre la culture qu'il attaque. Comme exemple, on a les couvertures flottantes dans les rangs, les rubans de cuivre, les matériaux abrasifs et les paillis. Des boîtes ou contenants vides de jus de fruits congelés, ouverts aux deux bouts et placés autour des plantes, les protégeront contre les vers gris terricoles. Les bandes de cuivre éloignent les limaces lorsque la couche de mucus de ces dernières réagit chimiquement avec le cuivre. Les bandes de matériaux abrasifs à base de diatomite, de poussière de roche ou de coquilles d'oeuf broyées, placées autour du potager ou entre les rangs, peuvent dissuader les limaces et les insectes rampants. La diatomite est un insecticide fait de coquilles broyées de minuscules créatures de la mer appelées diatomées. Elle consiste en des pointes de silice qui percent la peau et causent la déshydratation de l'insecte. Les solutions de savon étouffent les insectes auxquels elles sont appliquées. Les collets de papier goudronné placés sur le sol autour de plants individuels de chou empêchent les adultes de la mouche du chou de déposer leurs oeufs à la base de ces plantes.

Les paillis permettent de lutter efficacement contre les mauvaises herbes des potagers. Une épaisseur de 7 à 10 cm de matériaux organiques comme la paille exempte de mauvaises herbes et les débris de tonte de gazon retarde la levée des mauvaises herbes, conserve l'humidité et permet au sol de maintenir une température uniforme. Lorsqu'une culture est enlevée, les paillis peuvent être incorporés au sol pour augmenter sa teneur en matière organique. Les paillis de plastique augmentent la température du sol et empêchent l'humidité de s'évaporer. Les paillis de plastique noir, munis d'ouvertures pour les plantes, empêchent les mauvaises herbes de pousser, sauf à ces ouvertures. Par contre, les paillis de plastique transparent ou blanc permettent la croissance des mauvaises herbes, car ils laissent passer la lumière. Les paillis de plastique conviennent surtout aux

légumes qui ont besoin de chaleur. Les paillis peuvent aussi protéger les cultures contre les éclaboussures de sol et les légumes non souillés encourent ainsi moins de risques de maladies. Les géotextiles en matériau tissé permettent à l'eau et à l'air d'atteindre le sol, mais constituent un bon écran contre la lumière et une barrière efficace et de longue durée contre la levée des mauvaises herbes.

Destruction des plantes infectées — Plusieurs maladies fongiques peuvent s'établir et se propager rapidement par production de millions de spores. Il ne faut pas tarder à enlever et détruire les plantes malades si on veut ralentir la dissémination des agents pathogènes. Cette pratique donne de bons résultats contre des maladies comme la moisissure grise, l'oïdium et plusieurs taches foliaires et pourritures des fruits. En débarrassant le potager des débris de plantes infectées à la fin de la saison, on protège les cultures du printemps suivant contre une importante source d'inoculum. Les autres débris devraient être enfouis au rotoculteur ou à la bêche pour détruire les agents pathogènes et pour exposer aux éléments et aux prédateurs les ravageurs prêts à hiverner. On conseille de ne pas transformer en compost les plantes malades parce que le compostage ne détruira pas automatiquement tous les agents pathogènes, même si le compost chauffe adéquatement et est remué fréquemment. Parfois lorsqu'on laisse dans le potager les débris de plantes infestées par les insectes, cela favorise l'augmentation des populations de parasites utiles.

Quelques pratiques utiles — Lorsqu'on arrose un potager, il est préférable de donner à la surface du sol le temps de sécher avant un nouvel arrosage. Il est recommandé d'éviter les arrosages légers et fréquents parce qu'ils ont tendance à favoriser l'apparition des maladies et la germination des graines d'adventices. L'arrosage au moyen de boyaux perforés humectants ou de sillons dans le sol peut réduire l'incidence de la maladie, car le feuillage reste sec. Lorsqu'on utilise des arroseurs, les jardiniers devraient s'assurer que l'arrosage est fait tard le matin ou au début de l'après-midi, car le feuillage sèche plus rapidement à ces heures. Un feuillage mouillé pendant une longue période favorise la plupart des maladies du feuillage. L'espacement assez large des rangs favorise l'assèchement rapide du feuillage et ralentit la propagation de certains ravageurs et de certaines maladies transmises par contact direct du feuillage. Par contre, cette pratique réduit la couverture foliaire du sol en favorise l'assèchement et, peut-être, l'apparition de mauvaises herbes.

Il est primordial de préserver autant que possible la santé des plantes lorsqu'on espère lutter avec succès contre les insectes et les maladies. On recommande fortement de partir les cultures dans des lits de semences chauds et humides, bien préparés et bien drainés, à haute teneur en matière organique, adéquatement fertilisés, et d'éviter les travaux lorsque les plantes ou le sol sont mouillés. L'inspection régulière des cultures au cours de la saison de croissance facilitera une réaction rapide à l'apparition des ravageurs. Il est important de prendre note de ses expériences année après année pour favoriser ses chances de succès.

Plantes compagnes — De nombreux insectes préfèrent se nourrir de plantes appartenant à des familles spécifiques et rejeter les autres. Ainsi, la piéride du chou se nourrit sur

le chou, le radis, le chou-rave et sur d'autres crucifères. On conseille d'intercaler des cultures non apparentées comme l'oignon pour éloigner ce ravageur et l'empêcher de se nourrir de crucifères. De plus, on croit que l'intercalation de rangées d'ail, d'oignon et d'autres plantes aromatiques devrait éloigner certains ravageurs. La culture en alternance de cultivars et d'espèces de légumes réduit aussi les risques de propagation des maladies. Lorsqu'on a un problème de nématodes cécidogènes ou de nématodes des lésions racinaires, l'intercalation de rangs d'oignons d'Inde ou de roses d'Inde peut contribuer à réduire les populations de ces ravageurs (voir Lutte contre les nématodes ravageurs, dans le présent chapitre).

Changement des dates de semis — On peut changer les dates d'ensemencement des légumes pour faire en sorte que la culture pousse alors qu'elle est moins sujette aux attaques de certains ravageurs. Ceci signifie qu'il faut se renseigner sur le cycle vital des espèces de ravageurs de la région. Il y a peut-être moyen de planter certaines cultures légumières avant ou après que leurs ravageurs aient passé les stades où leur recherche de nourriture est la plus active. Comme exemple, les oeufs de la mouche de l'oignon, en Ontario, sont pondus près des plants d'oignon au cours du mois de mai. Très tôt, les asticots attaquent les plantes et peuvent les tuer. Les plants d'oignon repiqués après le 1^{er} juin échappent aux attaques de la majorité des asticots de première génération.

Cultivars résistants Plusieurs cultivars de légumes résistent à un certain nombre de ravageurs et de maladies, ou au moins les tolèrent, et l'utilisation de tels plantes constitue une excellente façon de réduire l'incidence des infestations. Un certain nombre de champignons pathogènes peuvent survivre pendant plusieurs années dans le sol et peuvent ne pas être dérangés par les travaux de champs habituels. Il vaut mieux par conséquent planter des cultivars résistants pour lutter contre leur présence. Les enveloppes de graines de tomates étiquetées VFN produisent des plantes qui sont résistantes aux *Verticillium* et aux *Fusarium* responsables de trachéomycoses et aux nématodes cécidogènes qui attaquent les racines et provoquent les galles. Parmi les autres maladies qu'il vaut mieux contrer en plantant des cultivars résistants, il y a la fusariose vasculaire du chou, la galle verruqueuse de la pomme de terre et la mosaïque du concombre. Certains cultivars de légumes sont aussi moins vulnérables aux attaques des insectes que d'autres. Comme exemples, la pomme de terre 'Red Pontils' résiste mieux que d'autres cultivars à l'altise des tubercules et le cultivar Champion du radis semble assez résistant à l'altise des crucifères.

Lutte biologique On peut attirer les insectes utiles dans le potager en y plantant directement ou tout près quelques-unes de leurs plantes à nectar et pollen favorites. Les membres de la famille de la carotte (aneth, carvi, fenouil et persil), de la menthe (cataire, hysope et mélisse) et de la marguerite (achillée et rudbeckie) ont la réputation d'attirer de tels insectes. En leur fournissant eau et abri, il est plus facile de les retenir à proximité. Les oiseaux et les crapauds sont aussi des aides précieux de lutte contre les insectes ravageurs. Il faut prendre les précautions nécessaires, lors

d'applications de pesticides, pour ne pas tuer les insectes utiles en même temps que le ravageur visé.

Le *Bacillus thuringiensis* (Bt) est une bactérie qui attaque l'estomac. Elle doit être ingérée par les larves de l'insecte pour que son action soit efficace. Seules les larves des papillons diurnes et nocturnes sont sensibles à ce produit bien qu'on ait récemment obtenu une souche de Bt capable de détruire le doryphore de la pomme de terre. Il existe sur le marché un certain nombre de formulations de cette bactérie pour la lutte contre les larves de quelques acariens et papillons des jardins potagers. Ces formulations et tout autre traitement doivent être appliqués au moment où le ravageur y est le plus vulnérable.

Lutte chimique *Traitement des semences* — Les chances d'obtenir de bons peuplements sans avoir à replanter sont améliorées lorsqu'on utilise des semences traitées aux fongicides ou à l'eau chaude. Le traitement des semences les débarrasse des organismes pathogènes et assure une meilleure protection aux semences et aux plantules, à ces stades vulnérables, contre certains agents pathogènes dans les sols. La semence traitée est disponible au jardinier et l'emballage est étiqueté en conséquence. La semence traitée aux fongicides est habituellement rouge ou d'une autre couleur facile à reconnaître. Lorsqu'on utilise de la semence non traitée, elle devrait être certifiée exempte de maladie ou avoir été traitée à l'eau chaude (voir Crucifères, nervation noire). La semence peut être traitée par le jardinier au moyen de produits chimiques recommandés selon les spécifications du fabricant. La semence dans les petits sachets peut être enrobée en coupant un coin du sachet et en y introduisant à peu près deux fois la quantité de produit chimique qui peut être recueillie sur le premier centimètre de la partie plate d'un cure-dent. Il s'agit ensuite de brasser le paquet jusqu'à ce que toutes les semences soient enrobées.

Traitement des feuilles — On peut lutter contre la plupart des maladies des feuilles en faisant un arrosage ou un saupoudrage préventif des plantes avec un fongicide de contact. Ce type de fongicide agit sur la surface des plantes en les protégeant contre l'infection, mais ne peut enrayer une infection déjà établie. Si les plantes sont déjà fortement infectées, il est alors trop tard pour recourir à un fongicide, sauf pour protéger les nouvelles feuilles. On recommande d'appliquer les fongicides à des intervalles de sept à dix jours ou selon les spécifications du manufacturier, mais il est nécessaire de refaire l'application si la pluie ou les arrosages ont emporté le produit. Toutes les parties de la plante doivent être soigneusement couvertes si on veut que le traitement soit efficace. Pour lutter efficacement contre la plupart des maladies fongiques du feuillage, les jardiniers disposent d'une vaste gamme de produits fongicides organiques ou inorganiques pour la lutte contre les maladies des légumes du potager.

Il en est de même pour les insecticides et les acaricides qui sont nombreux. La plupart des insecticides d'origine botanique proviennent de parties de plantes et se décomposent rapidement en substances inoffensives. Au nombre de ces insecticides, on compte la pyrèthrine et la roténone. Les détergents insecticides agissent efficacement contre les pucerons, mais de façon non sélective et peuvent donc affecter l'équilibre naturel entre les insectes utiles et leurs proies.

La lutte chimique contre les mauvaises herbes n'est pas une pratique recommandée pour les petits potagers, mais peut avoir sa place dans certains grands potagers et dans les jardins maraîchers. Si on fait appel à un herbicide, il faut prendre des mesures rigoureuses pour éviter que le produit ne se retrouve sur des espèces non ciblées. De plus, il est préférable de ne pas utiliser d'herbicides à effet résiduel, car des traces de ces herbicides peuvent demeurer dans le sol et affecter les cultures subséquentes.

Les jardiniers qui font usage de pesticides dans leur potager ne devraient utiliser que des produits certifiés et recommandés pour les légumes cultivés et qui s'adressent aux maladies et aux ravageurs principaux de la région de culture. Il est très important de suivre de près les directives du manufacturier pour s'assurer de la pleine efficacité du pesticide et pour réduire au minimum les risques de lutte inefficace, de dommages aux cultures et de présence de traces inacceptables de produits chimiques sur les produits comestibles. Le traitement circonscrit ou localisé est préférable à l'application généralisée parce qu'il réduit le risque d'atteinte aux organismes utiles et à la santé de l'homme et des animaux domestiques.

Références bibliographiques

- Bradley, F.M., et B.W. Ellis, eds. 1992. *Rodale's All-new Encyclopedia of Organic Gardening*. Rodale Press, Emmaus, Pennsylvanie. 690 pp.
- Carr, A. 1979. *Rodale's Color Handbook of Garden Insects*. Rodale Press, Emmaus, Pennsylvanie. 241 pp.
- Cook, R.J. et K.F. Baker. 1983. *The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens*. APS Press, St. Paul, Minnesota. 539 p.
- Higley, L.G., L.L. Karr et L.P. Pedigo. 1989. *Manual of Entomology and Pest Management*. Macmillan Publishing Co., New York, New York. 282 pp.
- McLeod, D.G.R. et L.L. Gualtieri. 1992. Yellow pan traps for monitoring the squash vine borer, *Melittia cucurbitae* (Lepidoptera: Sesiidae) in home gardens. *Proc. Entomol. Soc. Ontario*. 123: 133-135.
- Ontario Ministry of Agriculture and Food. 1989. *1990-91 Insect and Disease Control in the Home Garden*. Publ. 64. 95 pp.
- Pfleger, F.L. et R.G. Lidenman. 1994. *Mycorrhizae and Plant Health*. APS Press, St. Paul, Minnesota. 352 pp.
- Zalom, F.G. et W.E. Fry. 1992. *Food, Crop Pests and the Environment*. APS Press, St. Paul, Minnesota. 179 pp.
- Zhao, J.Z., G.S. Ayers, E.J. Grafius et F.W. Stehr. 1992. Effects of neighboring nectar-producing plants on populations of pest Lepidoptera and their parasitoids in broccoli plantings. *Great Lakes Entomol.* 25:253-258.

(Texte original de R.J. Howard, S.J. Barkley et A.M. Pucat)